IL MUSEO
DELLE SCIENZE E DELLE ARTI

IL MUSEO

DELLE SCIENZE E DELLE ARTI

DEL

DOTT. DIONIGI LARDNER

PROFESSORE EMERITO DI FISICA E ASTRONOMIA AL COLLEGIO DELL'UNIVERSITA' DI LONDRA,
DOTTOR IN LEGGE DELLE UNIVERSITA' DI CAMBRIDGE E DI DUBLINO,
MEMBRO DELLE SOCIETA' REALI DI LONDRA E DI EDIMBURGO, ECC., ECC.

PRIMA TRADUZIONE ITALIANA DALL'ORIGINALE INGLESE

CON NOTE ED AGGIUNTE

OPERA ILLUSTRATA DA CIRCA 1200 INCISIONI

VOLUME II.

—

IL CIELO

MILANO
DOTTOR FRANCESCO VALLARDI, TIPOGRAFO-EDITORE
CON STABILIMENTO GEOGRAFICO
CONTR. S. MARGHERITA, N. 5.

—

1860.

509
L32mI
1860
V. 2

ORDINAMENTO DELL' OPERA

VOL. 1.° — LA TERRA.

Latitudini e longitudini.
La terra considerata come pianeta.
Prime notizie di geografia.
Prime notizie di geologia.
La terra preadamitica.
Calore terrestre.
Terremoti e vulcani.
L' atmosfera.
Tuono, fulmine, aurora boreale.
Flusso e riflusso del mare.
Influenze della luna.
Influenze delle comete.
Pronostici del tempo.

VOL. 2.° — IL CIELO.

Come si osservi il cielo.
Il sole.
La luna.
Gli eclissi.
I pianeti sono abitati?
I nuovi pianeti.
Il pianeta di Léverrier e Adam.
Le comete.
Bolidi e stelle cadenti.
L' universo stellare.
Il tempo.
L' almanacco.

VOL. 3.° — FISICA.

Errori dei sensi.
L' aria.
Il suono.
L' acqua.
Il fuoco.
La lampada di sicurezza.
Il vapore.
Termometro.
Barometro.
La luce.
I colori.
Le immagini ottiche.
Lo specchio.
Il caleidoscopio.
Lenti d' ingrandimento.
Microscopio.
Microscopio solare.
Cannocchiali.
Grandezza e piccolezza.
Oggetti microscopici.
Camera oscura.
Camera lucida.
Lanterna magica.
Occhio.
Stereoscopio.
Scienza e poesia.

482107

VOL. 4.° — MECCANICA E INDUSTRIA.

VOL. 5.° — MEZZI DI COMUNICAZIONE.

VOL. 6.° — STORIA NATURALE.

IL CIELO
NOZIONI ASTRONOMICHE

IL CIELO
NOZIONI ASTRONOMICHE

OPERA

DEL

DOTTOR DIONIGI LARDNER

PROFESSORE EMERITO DI FISICA E ASTRONOMIA AL COLLEGIO DELL'UNIVERSITA' DI LONDRA,
DOTTOR IN LEGGE DELLE UNIVERSITA' DI CAMBRIDGE E DI DUBLINO,
MEMBRO DELLE SOCIETÀ REALI DI LONDRA E DI EDIMBURGO, ECC., ECC.

PRIMA TRADUZIONE ITALIANA

DEI SIGNORI

PROF. CURZIO BUZZETTI, ING.re D.r GIULIO BRUSA e D.r R. FERINI.

VOLUME UNICO, ILLUSTRATO.

MILANO
DOTTOR FRANCESCO VALLARDI, TIPOGRAFO-EDITORE
CON STABILIMENTO GEOGRAFICO
Contr. S. Margherita, N. 5.

1860.

SOMMARIO DELL'OPERA

I PIANETI SONO ABITATI?

BOLIDI E STELLE CADENTI.

L'UNIVERSO STELLARE.

IL TEMPO.

L'ALMANACCO.

COME SI OSSERVI IL CIELO.

Fig. 2.

Capitolo primo.

I. Spettacolo offerto dal firmamento. — II. Ponno farsi utili osservazioni anche senza strumenti astronomici. — III. Moto apparente del firmamento. — IV. Il meridiano. — V. Vista della regione circumpolare. — VI. Costanza della forma dei gruppi stellari. — VII. Sfera celeste. — VIII. Poli celesti. — IX. Ordini di grandezza delle stelle. — X. Numero delle stelle di ciascun ordine. — XI. Costellazioni. — XII. Orsa maggiore. — XIII. Antichità del nome. — XIV. Alle volte chiamato Carro o Cocchio. — XV. Numero delle stelle che contiene. — XVI. Nomi proprj delle stelle. — XVII. Uso di figure immaginarie per esprimere la posizione delle stelle. — XVIII. Orsa minore,

stella polare. — XIX. Come essa divenga un orologio notturno. — XX. Circolo Artico; origine del nome. — XXI. Sedia di Cassiopea. — XXII. Pegaso e Andromeda. — XXIII. Perseo. — XXIV. Auriga. — XXV. Veduta generale della regione di queste costellazioni: Capella, Vega, Adrided e Altair. — XXVI. Orione.

I.

Per tutte le persone nelle cui menti si è svegliato del piacere per lo studio della natura, non vi è spettacolo che ecciti un interesse così vivo come quello che è offerto dal firmamento in una chiara notte, e per questi non vi è occupazione più piacevole di quella di osservare nelle notti chiare ad ogni stagione, i cangiamenti che avvengono in questa splendida scena. Ma per rendere tale contemplazione ancor più piacevole, ed abilitare lo spettatore intelligente a rendersi profittevoli le sue osservazioni, è necessario che egli si renda famigliari quegli oggetti che vi sono presentati in numero così innumerabile ed in così infinita varietà.

II.

È un grande errore il supporre che tutte le utili osservazioni astronomiche debbano necessariamente esser confinate negli osservatorj, e che nessuno possa gustare dei piaceri offerti dall'astronomia pratica se non sia fornito di telescopj ed altri apparati ottici ed astronomici. Il nostro Fattore ci ha dato nell'occhio uno strumento di squisita struttura, ci ha fornito di un' intelligenza, per mezzo della quale questo organo può esser diretto alle più sublimi speculazioni. Ma anche in caso che fosse utile estendere i limiti naturali dei nostri organi di visione, o di dirigere la loro visuale con maggior precisione mercè ajuti artificiali e scientifici, si potrebbe far molto coi mezzi più semplici ed economici. Una comune lente da teatro può spesso farci veder distintamente numerosi oggetti che altrimenti sfuggirebbero all' occhio nudo. Il più ordinario telescopio sarà molto più utile. E quelli che si occupano abitualmente della scena celeste, in modo di essere famigliarizzati colla sua generale sembianza, carattere e moto apparente, non avranno difficoltà a trovare varii semplici spedienti per mezzo dei quali si possano constatare e misurare, la relativa posizione degli oggetti e prevedere la successione delle loro apparenze ed occultazioni. Noi quindi ci applicheremo ora a dare tali facili e semplici regole che possano render facile ad ognuno, col puro uso dei proprj occhi e tanto più coll' eventuale uso di quei sussidj ottici che sono quasi universalmente accessibili, l'occuparsi utilmente della contemplazione del cielo.

III.

Supponiamo quindi che una persona totalmente ignorante d'astronomia stia, colla faccia rivolta al sud, osservando il cielo in una chiara notte stellata. Non passerà molto tempo che egli si accorgerà che lo splendido panorama che gli si offre non è stazionario. — Nello spazio di un' ora egli osserverà che varj oggetti, che erano visibili sull'orizzonte alla sua diritta sono scomparsi, e che al contrario un corrispondente numero di oggetti che non erano visibili sull' orizzonte alla sua sinistra vennero in vista. Con maggior attenzione egli vedrà che gli oggetti che erano a mezzo cielo diritto nella direzione sud non vi saranno più ma saranno discesi a destra cioè ad occidente, mentre gli oggetti che erano a sinistra del punto medio del cielo si saranno elevati a questa regione.

IV.

Per ajutare la nostra spiegazione, immaginiamo l' intiero firmamento diviso da un circolo massimo, che da quel punto dell'orizzonte cui si suppone che l'osservatore osservi passi verticalmente sulla sua testa, e discenda dietro di lui al punto nord dell' orizzonte. Questa gran linea di divisione che si chiama meridiano celeste divide tutto il firmamento visibile in due parti eguali; una posta all'ovest o alla destra, l'altra all'est o alla sinistra dell'osservatore.

Continuando la sua attenta osservazione di ciò che succede dinanzi a lui, egli si accorgerà tosto che tutti gli oggetti visibili sul firmamento sono in moto; che essi sorgono dalla parte d'oriente, che ascendono al meridiano, e quindi discendendo all' occidente passano sotto all'orizzonte e scompajono.

V.

Supponiamo ora che il nostro osservatore giri intorno a sè e diriga la sua vista al nord. Uno spettacolo differente si presenterà a lui. Supponendolo situato in questi climi, egli si assicurerà tosto che la maggior parte degli oggetti che sono visibili sul firmamento non appajono e scompajono, cioè che essi non sorgono e cadono. Se, per esempio, un tal oggetto si osserva sul meridiano celeste, sulla sua testa dopo il tramonto appena che le stelle divengono visibili, egli lo osserverà d'ora in ora discendere a sinistra, cioè verso occi-

dente, ed allontanarsi sempre più dal meridiano. Fin qui, però, questo succedeva egualmente quando egli guardava al sud ed aveva l'occidente alla sua destra, ma dopo il lasso di un certo tempo, egli vedrà manifestarsi diverse apparenze. Nel tempo di circa tre ore da quando l'oggetto incominciò a passare il meridiano, ei troverà ch'egli ha raggiunto un certo limite di distanza dal meridiano che non sarà oltrepassato. Dopo di ciò al contrario esso ricomincia ad avvicinarsi al meridiano; ma, in questo movimento esso si avvicinerà anche all'orizzonte, come se egli fosse finalmente destinato a tramontare. Tale pertanto non è il caso; poichè al termine di dodici ore, se il ritorno della luce diurna è abbastanza ritardato da lasciare al nostro osservatore vedere ancora l'oggetto, esso sarà ritornato al meridiano, senza essere andato sotto l'orizzonte o scomparso. In questo passaggio da un punto elevato del meridiano ad un altro punto più basso, l'oggetto in questione apparirà muoversi in un semicircolo celeste, avente per diametro la parte di meridiano fra il punto di partenza e il punto d'arrivo.

Se lo stesso oggetto si potesse vedere durante le successive dodici ore, si vedrebbe muovere sul corrispondente semicircolo all'est del meridiano ossia alla destra dell'osservatore; ed alla fine di questo secondo intervallo di dodici ore, l'oggetto ritornerebbe a quel più elevato punto del meridiano da cui egli partiva.

Quindi un tale oggetto non sorge nè tramonta mai; e se la presenza del sole non lo rendesse invisibile durante il giorno si vedrebbe ruotare continuamente in un circolo celeste diviso in due eguali semicircoli, orientale ed occidentale, dal meridiano, compiendo la sua rivoluzione in questo circolo e quindi ritornando allo stesso punto del meridiano, dopo un intervallo di circa ventiquattro ore.

Quanto si è qui stabilito per un unico oggetto, è vero, sotto certe restrizioni, di un immenso numero di oggetti visibili a un osservatore rivolto al nord, come fu qui supposto. Tali oggetti al pari di quello descritto, sembrano rivolgersi in circoli, ma non tutti nello stesso circolo. Si troverà che alcuni ruotano in un maggiore altri in un minor circolo; ma tutti questi circoli sono caratterizzati da due circostanze sommamente rimarchevoli, la prima che essi hanno tutti lo stesso centro, che è un certo punto del meridiano celeste, la seconda che tutti gli oggetti che si muovono in essi compiono la loro rivoluzione precisamente nello stesso tempo.

Tale essendo il carattere generale dei mutamenti che la scena presentata dal cielo offre all'osservatore, consideriamo qualche altra importante circostanza che lo accompagna.

VI.

Dopo aver osservato attentamente questo spettacolo per varie notti l'osservatore non può a meno d'esser colpito dal fatto che la relativa posizione e configurazione degli oggetti che stanno al dissopra di lui rimane sempre invariata.

Questa rimarchevole circostanza è resa tanto più facilmente osservabile dal fatto che questi oggetti differiscono grandemente fra loro in splendore apparente, poichè alcuni sono immensamente brillanti ed evidenti, mentre altri si ponno appena distinguere.

L'osservatore si fa subito famigliare colla disposizione e configurazione relativa dei più brillanti ed evidenti, ed aggruppandoli nella sua immaginazione, ritiene le loro forme in modo da riconoscerli immediatamente alle loro successive ricomparse.

VII.

Queste circostanze dell'invariata configurazione e posizioni relative di questa moltitudine di oggetti sparsi sul firmamento suggerisce irresistibilmente l'idea che il moto di rivoluzione descritto su di esso, di cui essi tutti partecipano, non sia un moto proprio ad ogni separato ed indipendente oggetto, ma bensì un moto appartenente al firmamento stesso, sopra di cui essi appaiono come se fossero fissi. In breve il firmamento presenta l'aspetto di una sfera vuota di immense dimensioni, nel cui centro è situato l'osservatore, e sulla cui superficie è fissa la innumerevole moltitudine di oggetti che egli osserva. Questa stupenda sfera sembra avere un movimento di rotazione sopra un certo diametro come asse, facendo una completa rivoluzione in ventiquattro ore. Il diametro intorno a cui essa ruota, o sembra ruotare, è diretto a un certo punto del quadrante settentrionale del meridiano, la cui altezza sopra l' orizzonte dell' osservatore si troverà sempre esattamente eguale alla latitudine della stazione. Questo moto di rivoluzione del firmamento, trascinando seco i numerosi oggetti che vi si vedon sopra, spiegherà perfettamente tutte le apparenze superiormente descritte, e parecchie altre. Così è evidente che tutti gli oggetti sulla sfera celeste devono muoversi in circoli paralleli intorno al suo asse; e che questi circoli divengono gradatamente minori quanto più l'oggetto si fa vicino al polo. Quando l'osservatore guarda al sud, i circoli descritti dagli oggetti sono in parte al dissopra ed in parte al dissotto dell'orizzonte; e per conseguenza tutti

questi oggetti sorgono e tramontano alternativamente. Ma quando egli guarda al nord, la maggior parte degli oggetti che egli osserva essendo più prossimi all'estremità dell'asse intorno a cui la sfera si rivolge, descrivono circoli sempre più piccoli che essendo interamente al dissopra dell'orizzonte, gli oggetti in essi non sorgono nè tramontano mai.

VIII.

Da quanto fu stabilito, riuscirà ovvio il comprendere, che un oggetto posto precisamente in quel punto del meridiano a cui termina l'asse intorno a cui gira la sfera, deve esser immobile; e deve evidentemente esser l'unico oggetto immobile nel firmamento visibile. — Ma succede che effettivamente non vi è alcuna stella precisamente a quel punto; ma ve ne è una piuttosto evidente, così vicina ad esso, che quantunque gli giri intorno in un piccolo circolo, il cui diametro è circa sei volte quello della luna piena, questo moto può esser rilevato solo dagli strumenti astronomici; e quindi per tutti i bisogni dell'osservazione comune, la stella in questione può risguardarsi come stazionaria, e come indicante la posizione della estremità settentrionale dell'asse intorno a cui sembra ruotare la sfera celeste. — Questo punto della sfera è chiamato polo; e siccome vi è un punto corrispondente all'altra estremità dell'asse, che è sotto all'orizzonte, e quindi invisibile, anch'esso riceve il nome di polo, e questi due punti si distinguono, quello visibile come polo celeste boreale, e quello invisibile come polo celeste australe.

Il moto della sfera celeste qui descritto è apparente, essendo puramente un'illusione ottica prodotta dalla rotazione diurna della terra sul suo asse. — Ma questa essendo una questione non immediatamente legata col nostro presente soggetto basterà che qui sia indicata. — I lettori che desiderano vedere la spiegazione del diurno moto apparente del cielo la troveranno nel Museo, Vol. I.°

Per tutti i bisogni dell'osservazione del cielo, che presentemente occupa esclusivamente la nostra attenzione, la sfera celeste è da considerarsi come ruotasse sul suo asse compiendo una rivoluzione in circa ventiquattro ore, trascinando seco tutti gli oggetti che vi si vedon sopra.

IX.

Siccome gli oggetti disseminati in questa sfera in così immenso numero differiscono grandemente l'uno dall'altro nel loro splendore

apparente, e sono caratterizzati da configurazioni molto varie e spesso rimarchevoli, così gli astronomi hanno inventato una nomenclatura per indicarli, fondata parte sul loro splendor relativo e parte sulle loro configurazioni.

Se si fosse fatto un catalogo di stelle, in cui ogni stella occupasse un posto determinato dal suo splendor relativo, le più splendide avendo i posti più alti; e se si domandasse di dividere questa lista in classi secondo il loro grado decrescente di lucentezza, sarebbe impossibile stabilire il punto a cui ogni classe successiva debba finire e la prossima incominciare; poichè la gradazione di lucentezza nel confronto fra stella e stella è affatto impercettibile. — Pure, una distribuzione secondo i gradi di relativo splendore essendosi giudicata utile per comune consenso degli astronomi di tutte le età, una tale classificazione convenzionale fu adottata, arbitraria, come devono necessariamente essere i limiti delle successive classi. — In questa classificazione, un certo numero delle stelle più splendide visibili sul firmamento hanno ricevuto la denominazione di stelle della prima grandezza; altre, di lucentezza minore, furono chiamate stelle della seconda grandezza; e così via, essendosi classificate come stelle della sesta grandezza le più piccole stelle visibili ad occhio nudo.

X.

Il numero delle stelle di ogni successiva grandezza aumenta rapidamente al diminuire del loro splendore. Così, mentre non ve ne sono più di 18 o 20 della prima grandezza, ve ne sono 50 o 60 della seconda, circa 200 della terza e così via; il numero totale visibile a vista nuda, fino alla sesta grandezza inclusivamente, essendo da 5000 a 6000. — Noi vedremo in un'altra occasione che questo numero, grande com'è, non è che un'insignificante frazione del numero totale delle stelle, la cui esistenza ci scopre il telescopio.

Ma noi presentemente limiteremo le nostre osservazioni alle stelle che sono visibili alla vista nuda.

Fu già stabilito che gli oggetti celesti mantengono generalmente in relazione l'uno l'altro una certa posizione invariabile, e non hanno altro moto che quello loro impartito in comune dalla sfera a cui si immaginano essere attaccati. A questo però vi è un limitato numero di eccezioni. Vi è un piccolo numero di oggetti, fra cui il sole e la luna sono i più cospicui, che mentre partecipano al movimento diurno della sfera celeste si vedono cambiar continuamente di posizione sopra di essa, precisamente nello stesso modo che uno stuolo d'in-

setti lentamente si arrampica sopra una punta mentre la punta ruota trascinando seco gl' insetti che vi sono sopra. Questi oggetti, che ad eccezione del sole e della luna sono chiamati pianeti, hanno occupato la nostra attenzione in una prima occasione, e l'occuperanno di nuovo; presentemente, pertanto, noi intendiamo far cenno solamente di quelli che occupano invariabili posizioni relative, e che quindi furono denominati stelle fisse.

XI.

La nomenclatura delle stelle, in quanto è fondata sulle loro apparenti posizioni relative, consiste nella risoluzione di tutte le stelle del firmamento in un certo numero limitato di gruppi chiamati *costellazioni*. Questi gruppi furono fin dalla più remota antichità investiti delle immaginarie forme di uomini, animali e varii altri oggetti naturali ed artificiali, ed ebbero nome in relazione ad essi. — Così, gli spazii celesti sono divisi arbitrariamente e convenzionalmente in distinti scompartimenti, in un modo per qualche parte somigliante alle divisioni della terra sulla superficie del globo in imperi e regni. — Ciascuno di tali scompartimenti del cielo contiene un certo numero di stelle grandi e piccole, la cui totale riunione costituisce la costellazione ed è caratterizzata dal nome proprio attribuitole.

Poichè è di prima necessità che lo studioso e l'amatore d'astronomia siano così famigliarizzati con questa nomenclatura stellare da poter facilmente distinguere e riconoscere non solo ogni costellazione principale, ma anche ogni stella principale in ciascuna costellazione, noi ci proponiamo qui di dare tali spiegazioni da offrire la più gran facilità pratica al raggiungimento di questo scopo.

Le stelle componenti ogni costellazione sono indicate dalle lettere dell'alfabeto greco, le prime lettere essendo date alle stelle più splendide. — Quando il numero delle stelle in una costellazione supera il numero delle lettere dell'alfabeto greco si adoperano le lettere dell' alfabeto romano; e quando queste sono esaurite, le stelle rimanenti, se ve ne sono, vengono espresse coi numeri che sono loro prefissi sul catalogo di Flamstead, generalmente conosciuto sotto il nome di catalogo Britannico. — Si usa dagli astronomi inglesi di indicare le costellazioni coi loro nomi latini, e il dilettante d'astronomia, prima di rendersi famigliare con questi troverà conveniente, quando egli non sia conoscitore di greco, di informarsi dei caratteri e dei nomi delle lettere dell'alfabeto greco che sono le seguenti:

α Alfa	ν Nu
β Beta	ξ Xi
γ Gamma	ο Omicron
δ Delta	π Pi
ε Epsilon	ρ Ro
ζ Zeta	ς Sigma
η Eta	τ Tau
θ Theta	υ Upsilon
ι Iota	φ Phi
κ Kappa	χ Chi
λ Lambda	ψ Psi
μ Mu	ω Omega

XII.

Per acquistar conoscenza delle varie costellazioni e delle stelle che le compongono, in modo di poter facilmente riconoscerle guardando il cielo in una notte chiara lo studioso deve per prima cosa studiare la forma e la disposizione di una delle più cospicue di queste costel-

Fig. 1.

lazioni, e la più conveniente per questo proposito è quella chiamata Ursa Major, o Orsa Maggiore. Questa costellazione è così vicina al polo celeste boreale, che nelle nostre latitudini non tramonta mai, e quindi è visibile in ogni stagione dell'anno. — Essa consiste di un considerevole numero di stelle, ma sette di esse, visibili nella figura 1, sono molto più evidenti delle altre e sono conseguentemente le uniche stelle popolarmente identificate colla costellazione. Esse sono distribuite in una tal forma che le linee che le congiungono l'una coll'altra successivamente avrebbero la forma di un punto d'interrogazione, o di una falciuola.

XIII.

In conseguenza della prossimità di questa costellazione al polo, essa non tramonta mai nelle latitudini superiori a quella di 40°, e quindi è visibile di notte in tutte le stagioni dell'anno nella maggior parte dell'emisfero Boreale. Questa circostanza, combinata collo splendore delle stelle che la compongono e colla loro rimarchevole configurazione, la resero oggetto dell'universale osservazione ed attenzione fino dalle prime età; e perciò può considerarsi come una delle più antiche costellazioni. — Essa è frequentemente nominata nelle Scritture ebraiche, e ricevette in vari tempi ed in varii paesi differenti denominazioni. — È nominata, per esempio, nel libro di Giobbe ma il nome con cui essa è indicata fu male tradotto nella versione inglese per Arturo nome di una stella appartenente ad un' altra costellazione. Bochart afferma che la parola ebraica in Giobbe è derivata da una parola arabica che significa *bara*; altri sostengono che essa significa un carro, che sarebbe interamente d'accordo coi nomi dati a questa costellazione da varii popoli, antichi e moderni, Greci, Romani, Italiani, Germani ed Inglesi da cui separatamente fu chiamato Αμαξα (Amaxa) carro o cocchio; Plaustrum, carro; Triones, carro da buoi; Feretrum, bara, cataletto; Wagen, carro; Carro di Davide, l'Aratro, ed il Carro di Carlo.

XIV.

Quando la costellazione fu così chiamata, le quattro stelle segnate α β γ e δ furono considerate rappresentare le ruote, e le altre tre stelle, le stanghe, il timone, i cavalli o i buoi. — Quando gli veniva applicato il nome di Bara, le quattro stelle formanti il quadrilatero si consideravano rappresentare il sarcofago, e le tre stelle rimanenti tre piagnoni o secondo alcuni tre figli del morto. — L'ammiraglio Smyth cita Kircher che afferma che le quattro stelle del quadrilatero rappresentano la bara di Lazzaro e che le altre tre stelle sono Maria, Marta e Maddalena. — Egli sostiene anche che il nome popolare di Carro di Carlo è una corruzione del gotico Karl Wagen, carro rustico o da paesano.

È un fatto degno di rimarco, ricordato dagli storici, che gl'Irochesi, una tribù d'Indiani dell'America settentrionale al momento della scoperta d'America furono trovati famigliari colla costellazione dell'Orsa Maggiore che nel loro linguaggio era chiamata Okuari, parola che significa orsa.

XV.

Quantunque le sole stelle della costellazione famigliari all' occhio popolare sieno le sette principali indicate nella figura 1.ª, pure il gruppo che ha ricevuto il nome di Orsa Maggiore ne includeva dai più remoti tempi molte altre di inferiore splendore, e questo numero fu gradatamente aumentato di mano che l'ordine e l'accuratezza delle osservazioni fu accresciuto pei miglioramenti del telescopio. Dall'era di Tolomeo A. D. 150, a quella di Copernico A. D. 1500, questa costellazione contenne 35 stelle. Al tempo di Keplero A. D. 1600 il loro numero fu portato a 56. — Nel Catalogo di Flamstead A. D. 1800 il loro numero fu aumentato dapprima a 87 ed in fine, al principio del secolo attuale, fu portato a 338.

La costellazione, colle stelle visibili senza telescopio, è dimostrata nella figura 2, dove sono indicate la posizione e la forma dell' immaginaria figura dell'orso relativamente alle stelle. Si vedrà che le quattro stelle α β γ e δ sono sul lato, le tre altre marcando la coda.

XVI.

Si osserverà nella figura 2, che le stelle principali della costellazione, invece d'essere indicate con lettere greche, sono anche designate da certi nomi propri, per lo più di origine arabica e orientale; e qui si può notare in generale che indipendentemente dal metodo di individuare le stelle col nominare la costellazione a cui appartengono e le lettere che le distinguono in ogni costellazione, molte delle stelle più cospicue hanno ricevuto dei nomi proprj che probabilmente furono loro attribuiti prima che il sistema delle costellazioni fosse stabilito, e parecchie di queste stelle sono molto più frequentemente indicate con questi nomi proprj che con quelli che le attaccano alla costellazione. — Così per esempio la stella più splendida della costellazione del Canis Major, o Gran Cane, invece di esser chiamata α Canis Majoris, che sarebbe il suo nome nella nomenclatura delle costellazioni, è quasi invariabilmente chiamata Sirio. — Nello stesso modo, la stella principale della costellazione Leo è sempre chiamata Regulus e non mai α Leonis.

Pertanto, queste osservazioni non sono applicabili nello stesso modo alle sette stelle principali dell'Ursa Major che sono più generalmente indicate colle lettere greche che le congiungono alla costellazione.

XVII.

La posizione delle stelle componenti una costellazione è anche frequentemente indicata, nominando la parte dell'immaginaria figura rappresentante la costellazione, in cui la stella si trova. — Così per esempio la posizione dell'η Ursæ Majoris, è indicata dall'esser alla punta della coda. — Nello stesso modo, la posizione di una certa stella nella costellazione Taurus è indicata dal sapersi che essa è nell'occhio del toro. — Questo modo di esprimersi, che è di frequentissimo uso fra gli astronomi, sembra rendere imprudente lo cancellar del tutto dalle carte delle stelle le figure rappresentanti le costellazioni come talvolta fu fatto.

Quantunque i nomi proprj delle stelle principali dell' Ursa Major non siano ora generalmente in uso, essi non devono per questo essere del tutto sdegnati o trascurati poichè spesso essi offrono il mezzo di identificare questi oggetti con quelli indicati nelle antiche memorie storiche.

Presso alla stella Mizar, nella coda della Grande Orsa, vi è una piccola stella chiamata Alcor, che Humboldt afferma fosse chiamata dagli Arabi « Saidak » che significa prova o testimonio, poichè essi la usavano come campione dell'acutezza della vista dell'osservatore.

XVIII.

Se si immagina una linea retta congiungente le stelle β ed α e prolungata al di là di α ad una distanza eguale a cinque volte la distanza fra α e β, o ciò che vale quasi lo stesso, all'intiera distanza fra α ed η, essa incontrerà la stella principale della minor costellazione chiamata Ursa Minor, o l'Orsa Minore. — Questa è la stella spesso menzionata distante un grado e mezzo dal polo, e che è generalmente adottata come il più facile mezzo pratico per marcare questo punto importante, e che è chiamata stella polare. — Le altre stelle della costellazione dell'Ursa Minor hanno pressochè la stessa configurazione di quelle dell'Ursa Major; ma la posizione della figura è capovolta, la coda alla cui estremità è collocata la stella polare corrispondendo alla testa dell'Ursa Major.

L'importante servizio reso così dalle stelle α e β Ursæ Majoris, coll'indicare colla loro direzione la posizione della stella polare, fece dar loro il nome di collimatori; esse sono anche talvolta chiamate le guardie.

Questo metodo di determinare la posizione della stella principale

o generalmente della costellazione dell'Ursa Minor, per mezzo della più cospicua e meglio conosciuta costellazione dell' Ursa Major, fu generalizzato col più gran vantaggio per gli studiosi ed amatori d'astronomia, estendendo il metodo di collimazione in modo di dedurre una costellazione da un'altra attraverso l'intiero firmamento come ora si vedrà.

XIX.

La costellazione dell'Ursa Minor essendo così disposta che la stella principale all' estremità della coda dell' orsa è prossima al polo, il moto diurno della sfera fa sì che la figura dell'orsa ruota intorno al polo coi piedi dinanzi come se la sua coda fosse legata a questo punto. Le quattro successive posizioni della costellazione, ad intervalli di sei ore, si vedono nella figura 3.

La stella β di questa costellazione, situata sulla testa dell' orsa e quindi più distante dal polo, si vede facilmente ruotar intorno al polo come centro, in modo che questa costellazione è risguardata come un grande orologio celeste, e prima che i progressi della scienza avessero fornito i navigatori di altri mezzi migliori, era di un grande uso nella navigazione. La costellazione dell'Orsa Maggiore essendo nel quartier celeste opposto a quello in cui si trova il sole in principio di settembre, si vedrà sul meridiano non lungi dal sud del zenith a questa stagione in queste latitudini a mezzanotte.

Sarà al contrario, nel meridiano, un po' sopra l'orizzonte al principio di marzo. — Però il tempo più favorevole di osservarla sono i mesi d'estate e d'autunno.

XX.

Un certo circolo descritto intorno al polo celeste boreale, contenente in esso una certa estensione di cielo è chiamato circolo Artico, dalla parola greca χρκτοσ, (arktos) che significa un orso, essendo questa la regione delle orse.

XXI.

Per estendere il metodo dei collimatori alla scoperta della posizione di altre costellazioni supponiamo condotta una retta dalla stella δ dell'Orsa Maggiore alla stella Polare, e prolungata al di là della stella Polare ad una distanza eguale; questa retta incontrerà una nota co-

stellazione chiamata Sedia di Cassiopea. — Questa costellazione consiste di parecchie stelle, sei delle quali essendo le più evidenti si vedono nella figura 4. Quattro di queste α, β, η, e γ formano le

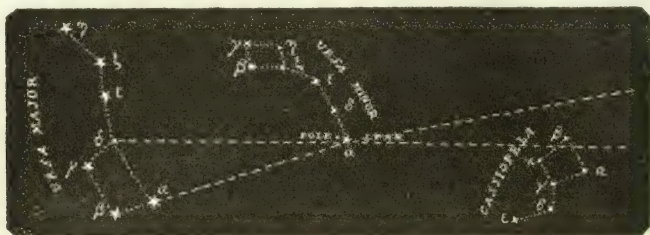



Fig. 4.

gambe e il sedile, e le due altre δ e ε lo schenale. Se una linea condotta dalla α dell'Orsa Minore alla stella Polare si prolunga al di là di quest'ultima quasi in linea retta, essa incontrerà una costellazione chiamata Pegaso che si riconoscerà facilmente per quattro stelle brillanti formanti un quadrilatero molto somigliante a quello spesso descritto nella costellazione dell'Orsa Maggiore. — Questo quadrilatero, colla sua posizione relativamente alla stella polare, ed alla retta condotta per questa stella dai collimatori, si vede nella figura 5.

XXII.

Di queste quattro stelle, solamente tre appartengono propriamente alla costellazione chiamata Pegaso; queste tre essendo β, α e γ for-

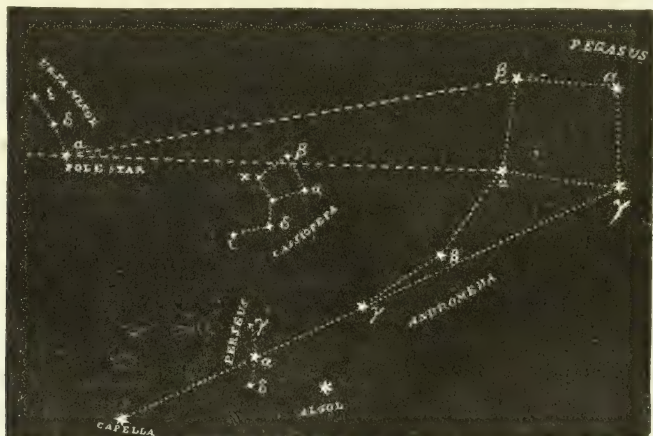



Fig. 5.

manti l'angolo superiore destro del quadrilatero. — La quarta stella, marcata anch'essa α, appartiene ad una costellazione adiacente chiamata Andromeda, di cui tre stelle principali segnate α β e γ si vedono nella figura. — Continuando sulla linea di queste stelle piegando leggermente si arriva ad un'altra stella cospicua, quasi tanto lontana da γ come γ stessa lo è da β. — Quest' ultima è la stella principale α della costellazione chiamata Perseo.

XXIII.

Le sette stelle brillanti, qui descritte, tre delle quali appartengono alla costellazione Pegaso, tre altre ad Andromeda, e la quarta a Perseo, hanno una configurazione che assomiglia in modo sorprendente a quella delle sette stelle principali dell'Orsa Maggiore, come si rileva facilmente dalla figura 4.

Una seconda stella brillante, appartenente anch' essa alla costellazione di Perseo, famigliarmente conosciuta nell' astronomia stellare sotto il nome di Algol, si vede anch' essa nella figura; essa fa un angolo retto coll'altra stella α di Perseo e la stella γ di Andromeda.

XXIV.

Se una retta si conduce dalla stella γ di Pegaso alla stella γ di Andromeda e si prolunga ad un' eguale distanza al di là di quest'ultima, essa incontrerà una splendida stella della prima grandezza chiamata Capella, che è la stella principale della costellazione chiamata Auriga. — Questa stella, e la sua posizione relativamente alle altre, si vede pure nella figura.

XXV.

Nella figura 6 si offre una veduta generale delle stelle contenute nella regione del firmamento che abbiamo ora descritto, per modo che lo studioso possa di un sol colpo vedere tutte le stelle che furono fin qui indicate. — Sei delle principali stelle dell'Orsa Maggiore appaiono all'angolo destro superiore della figura, e vi sono le rette condotte in varie direzioni congiungenti le principali stelle per mostrare allo studioso il modo di segnare la posizione di quella che egli cerca da quella che egli già conosce. — Si suppone che egli sia già così famigliare colle principali stelle dell'Orsa Maggiore, e colla stella Polare da poterle distinguere ad un tratto. — Oltre le rette congiungenti già menzio-

nate egli vedrà che la posizione di Algol può esser fissata da una retta condotta dalla stella η dell'Orsa Maggiore prolungata pressochè ad un' eguale distanza al di là della stella polare. — Anche la stella Capella può trovarsi seguendo la direzione di una retta passante per

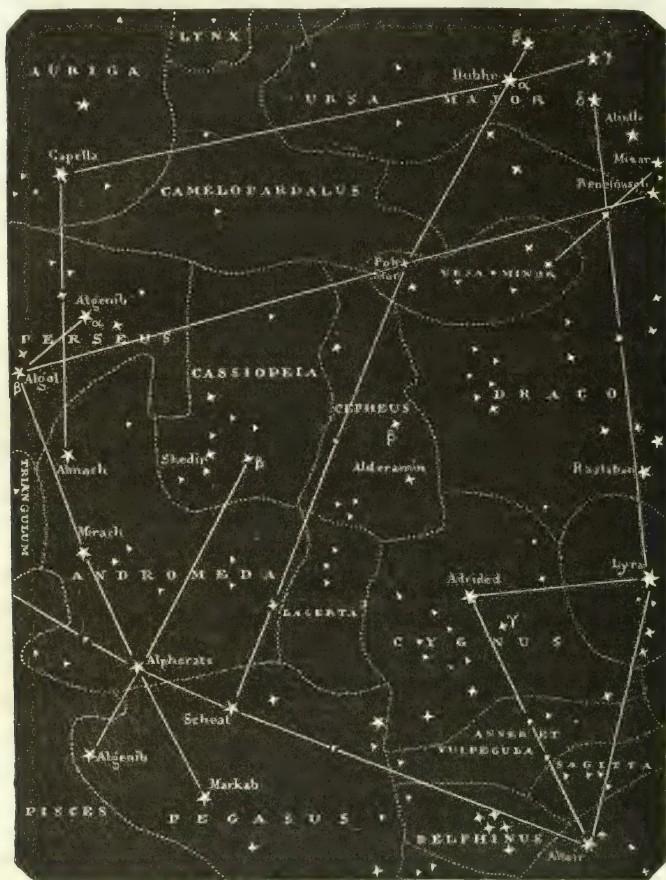



Fig. 6.

γ ed α dell'Orsa Maggiore come si vede nella figura. — Se si immagina una retta passante per γ e δ dell'Orsa Maggiore e prolungata da questa parte ad una distanza da δ eguale alla distanza fra la stella Polare e Pegaso, essa incontrerà la stella principale della costellazione Lyra, chiamata Vega, e se si conduce una retta da questa stella ad angolo retto colla prima, essa incontrerà la stella principale della costellazione del Cygnus, generalmente conosciuta come α Cygni, ma chiamata anche Adrided.

Se si conduce una retta per la stella α d'Andromeda e β di Pegaso e si prolunga al di là della seconda ad una distanza circa eguale a quattro volte la distanza di queste due stelle, essa incontrerà un'altra stella cospicua della prima grandezza, che si vede sulla figura, chiamata Altair, che è la stella principale della costellazione Aquila.

XXVI.

La più magnifica costellazione del firmamento, che supera le altre non solo in splendore, ma anche pel numero quasi innumerevole delle sue stelle componenti, anche profusamente sparsa di nebulose, come avanti si vedrà, è Orione le cui principali stelle si vedono nella figura 7, ed essa sarà immediatamente riconosciuta da qualsiasi occhio famigliare colle apparenze del firmamento. Questa splendida combinazione stellare, che giace attraverso quella parte d'eclittica su cui passa il sole in dicembre, sarà sempre visibile circa a mezzanotte nel meridiano australe nel mese di giugno, e può esser veduta con gran vantaggio e facilità durante l'estate e l'ultima parte della primavera. Le stelle principali, quando vengano congiunte con linee immaginarie formano una figura rassomigliante a quella di un vetro d'orologio. La figura da cui la costellazione prende il suo nome è un personaggio mitologico, celebrato come un gigante e un cacciatore che secondo Omero (*Iliad.* lib. XVIII, 487; XXII, 29, *Odis.* V. 247), dopo la morte fu elevato alle stelle, dove egli è rappresentato come un gigante con un cinto o bodriere, una spada, un mantello di pelle di leone, ed una clava. — Le stelle segnate α e γ sulla figura, sono nelle spalle, e quelle segnate κ e β, sui piedi. — Le tre stelle centrali, δ ε ζ, formano il bodriere.

Fig. 7.

Manilio, citato dall'Ammiraglio Smyth, dice di questa costellazione « Splendor d'Orione! splendor d'Orione! il suo cinto gemmato di stelle, e la splendente lama, le sue isole di luce, i suoi argentei ruscelli, e gli oscuri golfi di mistica ombra »

Nessuna costellazione, continua l'Amminiraglio Smyth, fu rimarcata dagli antichi più di questa. — Siccome essa occupa un esteso spazio in cielo, questa circostanza può aver dato probabilmente a Pindaro la sua idea che Orione fosse di una statura mostruosa, e di qui l'jugula di Plauto, il *magni pars maxima cœli* di Manilio, e il jebber degli Arabi. — Quando la smania delle innovazioni era più prevalente che non al presente fu proposto di rivestire questa costellazione della figura di Nelson e di assegnarle il suo nome; e nel 1807 quando Napoleone era sul meriggio della sua potenza, l'università di Lipsia prendeva la risoluzione che le stelle del cinto e della spada fossero erette in una costellazione indipendente da chiamarsi Napoleone.

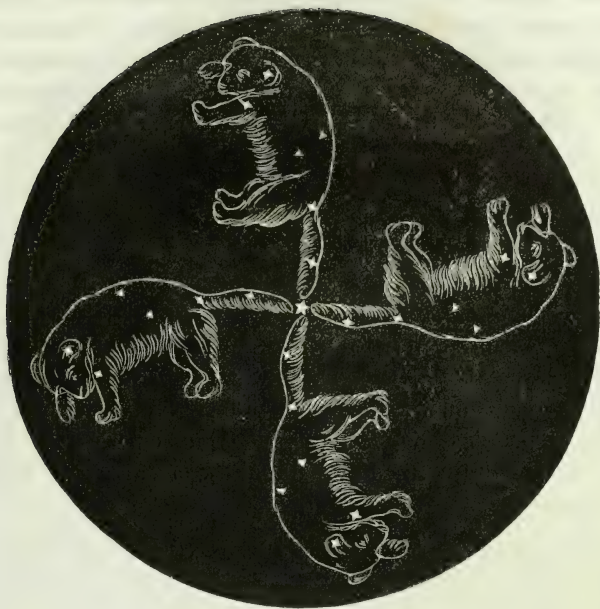



Fig. 3. *Rivoluzione diurna della Costellazione dell' Orsa Minore*

Capitolo secondo.

XXVII. Antichità del nome di Orione. — XXVIII. Nebulose nella costellazione Orione. — XXIX. Vista generale di questa regione del cielo. — XXX. Procione e Sirio. — XXXI. Aldebaran; le Hyadi e le Plejadi. — XXXII. Le costellazioni del zodiaco. — XXXIII. Uso delle carte celesti. — XXXIV. Uso di un globo celeste. — XXXV. Trovare il luogo di un oggetto in cielo.

XXVII.

Il nome di Orione appartiene alla più remota antichità, incontrandosi esso nei libri di Giobbe, Amos, Ezechiele ed Isaia. Alcuni commentatori, pertanto, pretendono che il personaggio figurato nella costellazione non sia altro che Nimrod. Si credette che quando questa costellazione era in tale posizione da precedere il sole al sorgere, seguissero tempeste e pioggie, e di più Orione è caratterizzato da simili epiteti, come Imbrifer (apportator di pioggia) Nimbosus (il nebuloso) ed Aquosus (il piovoso). I poeti dell'antichità prorompono in invettive contro il *pluviosus et tristis Orion;* secondo Orazio esso è *nautis infestus,* secondo Properzio *aquosus* e secondo Plinio *horridus sideribus.*

Due delle quattro stelle principali, quelle segnate nella figura α e β, sono della prima grandezza, la prima generalmente chiamata col suo nome proprio Betelgeux e l'altra Rigel. Le tre stelle formanti il cinto sono della seconda grandezza, e furono volgarmente conosciute sotto differenti nomi, come bastone di Giacobbe, verga ed i tre re.

XXVIII.

La stella segnata θ nella figura, situata a mezzo fra le tre stelle del cinto e le due stelle dei piedi, riesce un oggetto molto rimarchevole quando viene esaminato con un telescopio di sufficiente potenza. Non è una sola stella, ma sono cinque stelle combinate in perfetta sovrapposizione; ed è per di più circondata da una delle più rimarchevoli nebulose del firmamento. Questi però sono punti che non entrano nei limiti di questo trattato, ma sui quali ritorneremo in altra occasione.

XXIX.

Per presentare allo studente una vista complessiva delle cospicue stelle e costellazioni che furono sovradescritte, noi abbiamo dato nella figura 8 una veduta della porzione di firmamento entro cui esse sono contenute. Se lo studente immagina di dirigere il suo sguardo al cielo colla faccia rivolta al nord in qualche notte verso la metà di giugno, all'ora di mezzanotte o intorno ad essa, egli vedrà sopra di lui le stelle e le costellazioni indicate nella metà superiore della figura; e se egli si volta colla faccia al sud, egli vedrà quelle indicate nella metà inferiore. Immediatamente sopra la sua testa, e dritto al zenith, egli vedrà la splendida stella *Capella;* se egli muove il suo occhio dalla stella Polare passando per Capella, verso il sud, egli riconoscerà la costellazione di Orione, che noi abbiamo ora descritto. La stella centrale del cinto sarà diritta al sud. La lucente stella Betelgeux sarà alla destra, e Rigel alla sinistra del meridiano; cioè la prima sarà all'ovest, la seconda all'est del meridiano. Se egli muove il suo occhio in linea retta dalle stelle ε e δ dell'Orsa Maggiore, giungerà alla brillante stella Polluce nella costellazione Gemini ed oltre a ciò vedrà la ancor più brillante stella Castore della stessa costellazione, la seconda essendo della prima grandezza e la prima della seconda

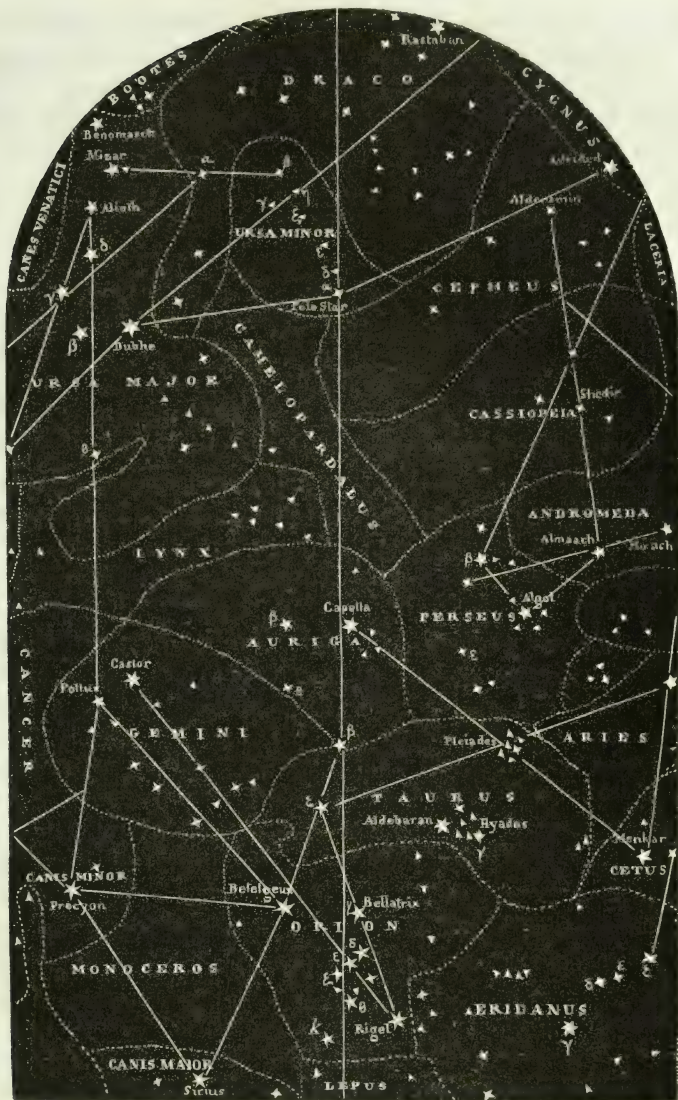



Fig. 8. *Vista generale della regione intorno alla Stella Capella, compresa la Costellazione di Orione.*

XXX.

Se si prolunga la stessa retta diretta dalle stelle dell'Orsa Maggiore per Polluce, pressochè nella stessa direzione essa incontrerà Procyon, stella della prima grandezza nella costellazione del Ca-

nis Minor. Se si immagini un triangolo equilatero costrutto sulla parte meridionale della retta congiungente Procyon con Betelgeux, il suo vertice cadrà in Sirio, stella della prima grandezza e la più splendida del firmamento, essendo la stella principale della costellazione del Canis Minor, e quindi chiamata spesso stella Cane. In vero questa stella pel suo straordinario splendore può riconoscersi a tutta prima ad occhio nudo, senza la necessità di tracciare la sua posizione coi collimatori.

XXXI.

Se si immagina una retta condotta da Sirio alla stella γ chiamata Bellatrix, nella spalla d'Orione, e prolungata al di là di questo punto, per una lunghezza eguale circa alla metà della distanza fra queste stelle, essa incontrerà la bella stella di prima grandezza, chiamata Aldebaran, nella costellazione del Taurus. Questa stella è situata sull'occhio meridionale del bue, ed anche le tre stelle del cinto d'Orione ponno considerarsi come collimatori per essa.

La costellazione del Taurus, di cui Aldebaran è la stella principale, è rimarchevole per due splendidi gruppi visibili ad occhio nudo e che essendo note agli antichi, furono chiamate Hyades e Plejades; il primo gruppo è immediatamente sovrapposto all'occhio del bue ed il secondo è sul suo collo. L'origine mitologica di queste costellazioni, come è data comunemente, è la seguente; le Hyadi erano le figlie di Atlante e Plejone, il cui fratello Hyade, essendo stato messo in pezzi da un toro, esse furono oppresse dal dolore, e si dice che abbiano pianto così incessantemente che gli Dei per compassione le presero in cielo, e le collocarono presso l'occhio del bue, dove esse continuano ancora a piangere; e conseguentemente era una superstizione popolare, che quando esse sorgevano immediatamente prima del sole, seguisse cattivo tempo. Infatti, il nome Hyades è derivato immediatamente dalla parola greca Ὑάδες (Hyades) che significa le piovose.

Le Plejadi, figlie anch'esse di Atlante e Plejone, e quindi sorelle delle Hyadi, sono nel numero di sette, sei essendo le visibili e la settima invisibile.

La settima fu chiamata Sterope, e si disse che essa divenne invisibile perchè mentre le sue sorelle si erano maritate tutte con Dei, essa sola obbediva a un mortale, Sisyphus. Secondo altre tradizioni la settima Plejade fu chiamata Elettra, e la sua scomparsa fu attribuita al suo dolore per la distruzione della casa di Dardano. Si dice che le Plejadi si distrussero di dolore alla morte delle loro sorelle le Hyadi. Esse furono quindi collocate nelle stelle, dove esse forma-

rono un gruppo somigliante a un grappolo d' uva per cui esse furono talvolta chiamate Βότρυς (Botrus). Il sorgere di queste stelle prima del sole, come quello delle Hyadi fu considerato foriero d'acqua.

Se la retta dei collimatori condotta alla stella polare viene un poco incurvata a sinistra e continuata al di là, essa arriverà ad una stella rimarchevole della prima grandezza, visibile nella figura, chiamata α Cygni, essendo la stella principale nella costellazione del Cygnus.

Questa stella è talvolta chiamata Adrided; essa fu chiamata dagli Arabi, Deneb.

XXXII.

Ciascuno è famigliare col fatto che nel corso di un anno il sole sembra girare in un circolo massimo del cielo, chiamato l'Eclittica, e così facendo passa attraverso una serie di costellazioni che trovansi in questa via. Le stelle che la compongono sono generalmente contenute in una zona che si estende a 10° o 12° da ciascuna parte dell' eclittica. Questa zona è chiamata lo Zodiaco, dalla parola greca Ζώδιον (Zodion), che significa una piccola figura d'un animale dipinta o scolpita, lo zodiaco essendo formato di una serie di costellazioni, a cui furono dati i nomi e le forme di animali.

Le dodici notissime costellazioni zodiacali, sono:

	Segno		Segno
1. Aries (l'Ariete)	♈	7. Libra (la Bilancia)	♎
2. Taurus (il Toro)	♉	8. Scorpio (lo Scorpione) . . .	♏
3. Gemini (Gemelli) . . .	♊	9. Sagittarius (l'Arciere) . . .	♐
4. Cancer (il Cancro) . . .	♋	10. Capricornus (il Capricorno)	♑
5. Leo (il Leone)	♌	11. Aquarius (l'Aquario) . . .	♒
6. Virgo (la Vergine) . . .	♍	12. Pisces (Pesci)	♓

I segni qui uniti ai nomi sono metodi abbreviati di esprimere non le costellazioni, ma le successive divisioni dell'eclittica a cui la costellazione corrispondeva quando essi ricevettero i loro nomi. Deve qui esser osservato che per un cambiamento particolare che avvenne nel cammino annuale del sole attraverso ai cieli, questo luminare ora non segue precisamente la stessa via che esso seguiva in età remote. La posizione del sole nel giorno dell'equinozio è soggetta a un piccolo cambiamento d'anno in anno, che, quantunque insignificante in brevi intervalli di tempo, diventa molto considerevole quando esso si accumula per secoli. Così, quando le costellazioni dello zodiaco, ricevettero i loro nomi, il sole entrava nella costella-

zione Aries nel giorno dell' equinozio di primavera; ma giusta la causa ora spiegata, il momento in cui esso entrava in questa costellazione divenne di anno in anno più tardi, finchè dopo il lasso di alcuni secoli, esso non entra in Ariete fino ad un mese dopo il giorno dell' equinozio. Nei primi mesi dopo l' equinozio il sole è quindi presentemente nella costellazione dei Pisces e non in quella di Aries.

Come vi sono dodici costellazioni zodiacali, l' eclittica in cui si muove il sole fu divisa in 12 archi eguali di 30° ciascuno, che furono chiamati segni, i primi 30° che cominciano dalla sua posizione nel giorno dell' equinozio fu chiamato il segno Aries, il secondo Taurus, e così via. E quantunque in conseguenza del cambiamento di posizione dell' eclittica già indicato, le posizioni delle costellazioni da cui questi segni hanno preso i loro nomi, abbiano cambiato in modo che in fatto la costellazione Pisces si trovi nel primo segno, Aries nel secondo, e così via, ciò nulladimeno i segni hanno conservato i loro nomi.

Egli è quindi importante che l'amatore d'astronomia non confonda il nome del segno col nome della costellazione. Il segno Aries appartiene ai primi 30° dell' eclittica, mentre la costellazione Aries è un gruppo di stelle, presentemente situato fra il 30° ed il 60° grado dell' eclittica.

Gli antichi, oltre le dodici costellazioni zodiacali, riconoscevano ventuna costellazioni nell' emisfero boreale, e quindici nell' australe. Il progresso delle scoperte stellari pertanto ha considerevolmente aumentato questi gruppi di stelle in certo modo arbitrarii, ed il numero delle costellazioni ora riconosciuto ammonta a 117 delle quali 62 sono nell' emisfero boreale.

XXXIII.

Da tutto quanto fu superiormente spiegato, lo studente potrà apprezzare il vantaggio che si può ricavare dal possedere una raccolta di carte celesti. Furono pubblicate parecchie carte di tal genere, fra cui ponno esser menzionate più particolarmente quelle preparate sotto la sorveglianza della società per la diffusione delle utili cognizioni. Noi pertanto abbiamo trovato che una delle più convenienti è la guida alle stelle (1). Nelle carte che la compongono si troveranno indicazioni della massima utilità pratica del metodo dei collimatori.

(1) Dodici Planisferi formanti una guida alle stelle per ogni notte dell' anno, con un'introduzione. — Taylor e Walton, Londra.

XXXIV.

Un globo celeste, può definirsi, un effettivo modello del cielo. — Esso è montato come un ordinario globo terrestre. L'emisfero visibile è terminato dal circolo orizzontale in cui si ferma il globo. — Il circolo di rame perpendicolare a questo, è il meridiano celeste.

Vi sono delineate le costellazioni, coi contorni delle figure immaginarie da cui esse prendono i loro nomi.

Il globo servirà non puramente come un istrumento d'istruzione ma riuscirà un utile e conveniente sussidio all'amatore d'astronomia togliendo la necessità di molti calcoli che sono spesso scoraggianti e ripulsivi, per quanto semplici e facili possano essere per quelli che sono abituati a tali ricerche. — La maggior parte degli almanacchi contiene delle tavole dei principali fenomeni astronomici, delle posizioni del sole e della luna e dei principali pianeti, non che delle epoche in cui le più cospicue stelle sono nel meridiano dopo il tramonto. — Questi dati, congiunti con un uso giudizioso del globo ed un telescopio tollerabile, capaciteranno qualunque persona ad estendere le sue cognizioni d'astronomia, e perfino a diventar un utile contribuente alla comune supellettile di notizie, che ora va così rapidamente aumentando pel zelo e l'abilità di privati osservatori in tante parti del globo.

Per usar del globo, collocatevi sopra dei piccoli segni (dei pezzi di carta gommati risponderanno all'intento) per indicar le posizioni del sole, della luna e dei pianeti al momento di osservare il cielo. Il posto del sole nell'eclittica è ordinariamente segnato sul globo stesso. — Se non lo è, nell'almanacco sono date per ogni giorno la sua ascensione retta (cioè, la sua distanza dal punto dell'equinozio invernale, misurata sull'equatore celeste) e la sua declinazione (cioè, la sua distanza australe o boreale dall'equatore). L'ascensione retta e la declinazione della luna sono parimenti date.

XXXV.

Trovar la posizione di un oggetto sul globo quando la sua ascensione retta e la sua declinazione siano conosciute. Si trovi sull'equatore il punto dove è segnata la data ascensione retta; si giri il globo sul suo asse sinchè questo punto si trovi sotto al meridiano, poi si prenda sul meridiano un arco (al nord o al sud dell'equatore secondo che è data la declinazione) di una lunghezza eguale alla declinazione data, ed il punto del globo situato immediatamente sotto al punto del

meridiano; così trovato, sarà la posizione dell'oggetto. Con questa regola, può immediatamente trovarsi sul globo la posizione di un oggetto di cui si conoscano l'ascensione retta e la declinazione e si può mettervi un segno corrispondente.

Per disporre il globo in modo di usarne come una guida alla posizione degli oggetti nel cielo, e come un mezzo di identificare le stelle ed impararne i nomi, si allenti la vite inferiore del meridiano, si sollevi il polo nord del globo, movendo il meridiano di rame, sino a che l'arco di questo meridiano fra il polo e l'orizzonte sia eguale alla latitudine della stazione dell' osservazione ; allora si stringa la vite, in modo di mantenere il meridiano in quella posizione. — Quindi si disponga il globo in modo che il meridiano di rame sia diretto giusto dal nord al sud, il polo essendo volto al nord.

Fatto questo, il globo corrisponderà al cielo, in quanto ai poli al meridiano ed ai punti dell'orizzonte.

Per constatare l'aspetto del firmamento ad ogni ora della notte, ora è solamente necessario di girare il globo sul suo asse finchè il segno, che indica la posizione del sole, sia sotto l'orizzonte sulla stessa posizione in cui il sole stesso trovasi attualmente all'ora richiesta (1). — Si osservi l'ora segnata nel punto dell' equatore che allora trovasi sotto al meridiano. — Aggiungasi a quest'ora, l'ora a cui l'osservazione si farà, e si giri il globo finchè il punto dell'equatore su cui è segnata l'ora risultante da questa somma sia giunto sotto al meridiano. — La posizione del globo corrisponderà allora con quella del firmamento. — Ogni soggetto sull' uno corrisponderà nella sua posizione col suo segno rappresentativo o simbolo sull'altro. — Se si immagina una retta condotta dal centro del globo per il segno indicante una stella sulla sua superficie, prolungata al di là della superficie verso il cielo, sarebbe diretta alla stella stessa.

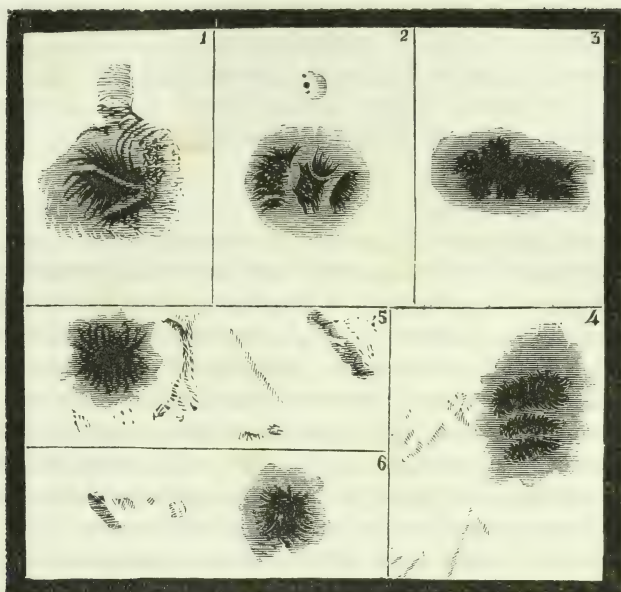
Per esempio, supponiamo che quando il segno del sole è giunto sotto al meridiano, l'ora 5^{12},40′ si trovi essere sull' equatore al meridiano e sia richiesto di trovar l'aspetto del cielo alle dodici e mezzo della sera.

	Ore.	M.
Alle	15.	40
Aggiungasi	0.	30
	16.	10

Si giri il globo finchè 16° 10′ si trovi sotto il meridiano, e l'aspetto presentato da esso sarà quello del cielo.

Prof. G. Brusa.

(1) Per far questo si giri il globo finchè il segno indicante la posizione del sole arrivi sotto al meridiano.

IL SOLE

Macchie solari osservate dai signori Capocci e Pastorff nel 1826 *e* 1827.

Capocci I. 29 Settembre. — II. 2[illegible] Settembre. — III. 1 Luglio 1826.
Pastorff. IV. 27 Settembre. — V. 21 Maggio. — VI. 21 Giugno 1827.

I. Oggetto di grande interesse. — II. Sua distanza dalla terra. — III. Grandezza. — IV. Schiarimenti. — V. Suo volume. — VI. Massa o peso. — VII. Come la si determini. — VIII. Applicazione di questo principio. — IX. Sua densità. — X. Forma e rotazione. — XI. La rotazione è constatata per mezzo delle macchie. — XII. Scoperta delle macchie solari. — XIII. Loro grandezze. — XIV. Loro rapidi mutamenti. — XV. Ipotesi per spiegarle. — XVI. Vi sono cavità nell'inviluppo luminoso. — XVII. La loro prevalenza è variabile. — XVIII. Osservazioni. — XIX. Loro dimensioni. — XX. Faculi e Lucule. — XXI. Stato fisico della superficie solare. — XXII. L'involucro luminoso è aeriforme. — XXIII. Al di fuori di esso è un'altra atmosfera. XXIV. Effetti di questa atmosfera sulla radiazione. — XXV. Ipotesi di Sir John Herschel. — XXVI. Intensità del calore alla superficie del sole. — XXVII. Sorgente supposta del calore.

I.

Sebbene fra i corpi celesti la luna sia forse, per la generalità, il soggettto più interessante di osservazioni, pure ad una mente meditativa il sole presenta fuor d'ogni dubbio ben maggiore interesse. Il

sole fonte di luce e di vita a una schiera di mondi che gli girano attorno — distributore inesauribile del calore vitale da cui sono animate le innumerevoli tribù di esseri organici che popolano quei mondi — centro, la cui attrazione predominante dà stabilità, uniformità, ed armonia a tutto il sistema planetario! — Non può essere che sommamente degno d'interesse e pieno di diletto il cómpito di raccogliere succintamente tutte quelle nozioni che le moderne ricerche scientifiche ci hanno fornito intorno ad esso.

II.

Quando noi dirigiamo la nostra curiosità sopra un corpo celeste, le prime questioni che ci si presentano naturalmente sono: « Quale ne è la distanza, la grandezza, il movimento, la posizione?... Quando affermiamo che le distanze dei corpi che compongono il sistema solare possono essere misurate collo stesso grado di precisione relativa colla quale determiniamo le distanze degli oggetti sulla terra, coloro che non sono avvezzi a investigazioni di tale natura ricevono quell'asserzione con un certo grado di dubbio e d' incredulità: essi non possono concepire che spazii tali possano essere misurati con precisione, anzi che possano essere misurati in modo alcuno. Così quando si dice loro che il sole dista dalla terra circa centomilioni di miglia Inglesi (1) la mente si rifiuta all'idea che tale spazio possa essere esattamente estimato e determinato. Pure noi dimandiamo, perchè mai questa difficoltà? Da che deriva questa incredulità? Forse da ciò che la distanza così misurata, è straordinariamente grande, e trascende enormemente ogni distanza che siam soliti a contemplare sul nostro globo? A ciò rispondiamo che la grandezza della distanza o spazio non costituisce per sè stessa una difficoltà alla misurazione. Al contrario, anzi, si dà spesso il caso che le distanze grandi si possano misurare più accuratamente che le piccole: questo accade spesse volte nelle misure eseguite sulla superficie del nostro globo. Se dunque la grandezza delle dimensioni non costituisce in sè stessa una difficoltà, a che dovrà attribuirsi il dubbio nutrito dalle menti del popolo circa quelle misure? Forse ci si può rispondere, che l'oggetto del quale noi pretendiamo di aver misurato la distanza, è inaccessibile a noi, che noi non possiamo percorrere lo spazio intermedio, e che quindi non può concepirsi la possibilità di misurarlo. Ma noi dimandiamo ancora se la circostanza dell'essere inaccessibile costituisca davvero una difficoltà per misurare la distanza di un oggetto. L'ingegnere militare

(1) Il miglio Inglese equivale a metri 1609. 3149.

che dirige i projettili sopra gli edificii di una città assediata, può dirigerli con precisione come si sa sopra qualsiasi edificio determinato. A tale uopo abbisogna ch' egli conosca la distanza dell' edificio dal mortaio. Quell'edificio è inaccessibile a lui: vi sono frapposte le mura della città, le fortificazioni, e fors' anco un fiume, eppure egli non trova difficoltà a misurare quella distanza. Egli misura sul terreno che occupa una linea che si chiama la base, e dalle due estremità di essa osserva le direzioni in cui si trova l' edificio. Da queste direzioni, e dalla lunghezza della base egli può calcolare la distanza coi più semplici principii di geometria e d' aritmetica. Ora immaginiamo che quell' edificio sia il sole, e che la base sia l' intiero diametro terrestre: da qual lato è alterato il problema? L' edificio della città è inaccessibile: e così il sole; la linea di base dell' ingegnere è conosciuta esattamente: e così il diametro della terra; le direzioni su cui si trova l' edificio osservato ai due capi della base sono conosciute esattamente: e così le direzioni dei due capi del diametro terrestre al centro del sole. I due problemi sono identici: essi differiscono in nulla, tranne nella circostanza accidentale e inconcludente della grandezza delle linee e degli angoli. In breve, le misure delle distanze dei corpi celesti si eseguiscono sopra principii simili in tutto a quelli che servono nelle misure delle distanze sopra la terra, e non sono soggette a difficoltà maggiori, o a maggiore probabilità di errori.

Mediante queste osservazioni e questi calcoli è stato determinato che la distanza dalla terra al sole è qualcosa meno di centomilioni di miglia. Sebbene il calcolo dia risultati di una precisione aritmetica sorprendente, il lettore ordinario troverà sempre conveniente di tenere a memoria il numero tondo più prossimo: è difficile dimenticare, che la distanza del sole, la misura astronomica più importante, è prossimamente centomilioni di miglia.

Ma dando per la memoria questa cifra tonda, sarà utile tuttavia fornire coi numeri esatti la misura di quella distanza, e l'accennare i limiti dei possibili errori. Il risultato delle osservazioni più esatte sulle diverse direzioni di linee tirate da opposte parti della terra al sole, danno per la distanza di esso:

95,293,425 miglia

ed è provato che questa risultanza non può differire dal vero sia in più sia in meno, che di una trecentesima parte. Possiamo perciò affermare assolutamente che la distanza del sole non può essere maggiore di

$$95{,}293{,}425 + 317{,}645 = 95{,}611{,}097 \text{ miglia}$$

nè minore di:

$$95{,}293{,}425 - 317{,}645 = 94{,}975{,}807 \text{ miglia.}$$

Percorrendo il sole in cielo 360 gradi in 365 giorni e un quarto, il suo movimento apparente quotidiano dev'essere di 59', 14'' ossia 3548'', che essendo pressochè due volte il suo diametro apparente, forniscono il dato facile a tenersi a memoria, che il disco del sole sembra che si sposti nel cielo in ogni giorno per uno spazio eguale a due volte il suo diametro. Il suo moto apparente all'ora è

$$\frac{3548''}{24} = 147'', 8.$$

III.

Abbiamo spiegato la distanza del sole: ora vediamo in che modo se ne possa determinare la grandezza. Havvi un principio generale, mediante il quale si determinano le grandezze dei corpi celesti quando ne sia conosciuta la distanza; il quale sta nel compararli con un oggetto di grandezza conosciuta, che a una distanza pure conosciuta abbia le stesse apparenti dimensioni. Per la sua importanza, considerato come principio applicabile a tutti i corpi celesti, non può non essere interessante lo spiegarlo un poco estesamente nella sua applicazione al sole.

La semplice osservazione basta a convincere chi guarda in cielo che il sole e la luna piena sembrano dell' istessa grandezza. Basta a ciò la sola e semplice vista; ma se si desidera, si può constatare la cosa cogl'istrumenti costrutti appositamente per misurare la grandezza apparente degli oggetti. Abbiamo poi la conferma del fatto dal notissimo fenomeno dell' eclissi di sole. L'eclisse è detta centrale quando il centro della luna è sulla linea retta tra l'occhio e il centro del sole. Tuttavia, a motivo di una leggera variazione nella grandezza apparente di ambidue quei corpi (dovuta a una causa che spiegheremo altrove) la luna talvolta ci nasconde un po' più del disco del sole, e tal' altra volta un po' meno. Ma in somma, la media grandezza apparente dei due dischi è la stessa, e l'uno copre o nasconde l'altro esattamente.

Abbiamo già indicato che la distanza della luna è circa un quarto di milione di miglia. E da che quella del sole è di cento milioni di miglia, è chiaro che la distanza del sole è quattrocento volte maggiore che quella della luna. Pure questi due globi sembrano all'occhio dell' istessa grandezza: il sole, non ostante l' essere 400 volte più lontano pare grande appunto quanto la luna. Che ne dobbiam dedurre dunque circa la sua grandezza reale? Se il sole fosse in realtà eguale in grandezza alla luna, egli a una distanza quattro-

cento volte maggiore ci apparirebbe certamente quattrocento volte più piccolo: ma dacchè, a quella maggiore distanza, non ci appare nè più piccolo nè più grande, ma della grandezza istessa della luna, la conclusione irrefiutabile, e di cui è capace ogni intelletto, è che il sole deve in realtà avere un diametro 400 volte più grande che quello della luna. Se il suo diametro fosse minore di tale misura, a una distanza che è 400 volte quella della luna, esso apparerebbe minore del diametro della luna: se fosse maggiore, a quella distanza dovrebbe ancora parere maggiore. Ne segue che, qualunque sia il diametro della luna, il diametro del sole deve essere certamente 400 volte più grande. Ora fu constatato con esatte misure che il diametro della luna è di circa due mila miglia. Moltiplicando per 400 otterremo 800,000 miglia, lunghezza del diametro del sole.

Questi calcoli noi li abbiamo fatti all'ingrosso, e in cifre tonde: precisamente il diametro del sole è 882,000 miglia: ma, siccome raccomandiamo di adottare le cifre tonde, diremo che il diametro del sole è di 900,000 miglia. Tale è l'astro stupendo, che, posto al centro del sistema, colla sua attrazione governa i movimenti degli altri pianeti.

IV.

Tale distanza e tali dimensioni oltrepassano di tanto tutte le misure che ci sono famigliari, che l'immaginazione è confusa, cade impotente dopo un inutile sforzo per formarsene un distinto concetto. Vediamo se si può trovare qualche espediente, o qualche mezzo di schiarimento, pel quale possa ottenersi un concetto distinto della distanza e grandezza di questo mirabile astro.

Un treno di ferrovia che percorresse 32 miglia all'ora impiegherebbe tre milioni di ore, ossieno centoventicinquemila giorni, ossieno trecentoquarantadue anni e tre mesi per giungere dalla terra al sole, supponendo che corresse giorno e notte per tutto quel tempo!

Una palla di cannone corre cinquanta volte di più che un simile treno. Essa impiegherebbe a giungere al sole qualcosa meno di sette anni!

Per dare un'idea della grandezza del sole, basta considerare che, avendo un diametro di 882,000 miglia, la sua circonferenza risulta di circa 2,770,000 miglia. Un treno veloce come quello accennato di sopra impiegherebbe 9 anni e 10 mesi a girarle intorno.

Noi sappiamo che la luna si rivolge attorno alla terra in un circolo alla distanza di circa un quarto di milione di miglia. Ora sup-

poniamo che la terra sia posta al centro del sole. La distanza fra la superficie esterna del sole, e il centro della terra sarebbe di 441,000 miglia. Ora il circolo in cui la luna si rivolge attorno alla terra, è dal centro di questa alla distanza di 240,000 miglia: ne viene la conseguenza che non solo la terra e la luna sarebbero contenute nel globo del sole, ma che la luna sarebbe ancora ducentomila miglia lontana dalla sua superficie.

V.

Ma noi abbiamo parlato fin qui solamente del diametro del sole: consideriamone ora il volume. Quando si conoscano i diametri di due globi, si può mediante una facile operazione aritmetica valutare il loro volume. Così se un globo ha un diametro doppio di quello di un altro globo, il volume del primo sarà otto volte quello del secondo. Se il diametro è dieci volte maggiore, il volume sarà mille volte maggiore, e così via. Ora sappiamo che il diametro del sole è circa centododici volte quello della terra; pel medesimo principio di aritmetica, ne dobbiamo inferire che il volume del sole è assai prossimamente un milione e quattrocentomila volte il volume della terra. Per fare un globo come il sole, sarebbe necessario di riunire in un solo 1,400,000 globi simili alla terra. Considerando i volumi dei differenti pianeti si trova, che se tutti i pianeti e satelliti del sistema solare si fondessero in un solo globo, questo non eccederebbe ancora la cinquecentesima parte del globo del sole: in altre parole, il volume del sole è cinquecento volte maggiore del volume riunito di tutti gli altri corpi del nostro sistema.

VI.

Or bene, gli astronomi sono chiamati ad eseguire operazioni più difficili, e non meno necessarie di quelle misure di grandezza e di distanza. Se noi vogliamo conoscere la *quantità* di materia che compone quei globi lontani, noi non dobbiamo solamente determinare la grandezza e distanza, ma spiegando, coll'immaginazione, il volo attraverso lo spazio che da loro ci separa, dobbiamo *pesare* le loro masse. Se lo studente popolare trova difficoltà a credere e a comprendere come si possano misurare distanze e dimensioni come quelle dei corpi celesti, quanto maraviglierà nel sentirsi affermare che noi possediamo una bilancia d'infallibile esattezza, su cui noi possiamo porre quei vasti globi, e pesarli! Lo stesso orbe del sole, immensamente più grande

della terra e di tutti i pianeti presi insieme, è pesato colla stessa relativa precisione, colla quale il chimico nelle sue analisi determina e pesa i componenti delle sostanze che tratta per mano. Siccome i principii più generali coi quali si determinano i pesi dei corpi celesti sono in fondo gli stessi, è prezzo dell' opera lo spiegarli, una volta per sempre, nella loro applicazione al sole.

VII.

Quando un corpo si rivolge in circolo, noi sappiamo, per esperimenti facili e comuni, ch'esso tende ad allontanarsi dal centro, e questa tendenza è maggiore quanto più rapida è la rivoluzione del corpo, e quanto maggiore è la distanza dal centro. Il fanciullo che fa ruotare una pietra nella fionda conosce questa legge fisica. La pietra ruotando, tende la corda con una certa forza: questa forza non sta nella gravità della pietra, poichè essa si manifesta egualmente, quando la pietra ruota in un piano orizzontale. È la tendenza che abbiamo accennato di sopra, e che tecnicamente si chiama forza centrifuga. Se si aumenta la velocità con cui la pietra è girata attorno si trova che la corda è tesa sempre più, e si può aumentare la velocità a un tal punto che la corda si spezzi. Se si allunga od accorcia la corda conservando la stessa velocità di rotazione, si troverà che la tensione della corda sarà proporzionalmente cresciuta, o diminuita in breve; con una serie di questi semplici esperimenti si scoprirà facilmente una regola fissa o come vien detta, una legge, la quale ci porrà in grado di predire quanto la corda sarà tesa, purchè sia nota la distanza del corpo roteante dal centro del circolo, e il tempo ch'esso impiega a compiere una rivoluzione.

VIII.

Per applicare poi questo principio generale al nostro caso, consideriamo che la luna nel suo giro mensile si rivolga in circolo attorno al centro della terra. Noi ne conosciamo la distanza, e conosciamo il tempo ch' essa impiega a compiere una rivoluzione; noi siam dunque in grado di determinare con qual forza sarebbe tesa una corda che la legasse al centro della terra..... Che la luna sia animata da una tal forza non ci può essere dubbio. Ma, può dimandarsi, quella corda sopra di che si spende? Non vi è corda, nè asta, nè altro legame materiale o tangibile fra la luna e il centro della terra. In mancanza della fune vi deve essere qualche agente fisico che ne fac-

cia le veci: dev'esserci alcunchè per resistere a quella tendenza, a cui resisterebbe la fune, se ci fosse. Questo alcunchè fu scoperto da Newton essere l'attrazione della terra, o *Gravitazione*, che si esercita sopra la luna, e che la mantiene nella sua orbita circolare, nello stesso modo che vi sarebbe mantenuta dalla fune sopra menzionata.

Siccome, per la legge meccanica spiegata più sopra, conosciamo la forza con cui la corda sarebbe tesa dalla luna, possiamo collo stesso principio precisare la somma della forza attrattiva che la terra esercita sopra la luna per tenerla nella sua orbita mensile.

In tal modo, in generale, noi possiamo stimare la forza d'attrazione che una massa centrale esercita sopra un altro corpo che intorno ad essa si rivolga in circolo a distanza definita, e in tempo pur conosciuto.

Mentre da un lato noi conosciamo la distanza e il tempo della rivoluzione della luna intorno alla terra, noi conosciamo altresì la distanza e il tempo della rivoluzione della terra attorno al sole. Così, avuto riguardo alla differenza delle due distanze, noi siamo in grado di confrontare l'effettiva somma di attrazione che la terra e il sole rispettivamente esercitano sopra corpi che restano attorno ad essi, e troviamo che l'attrazione esercitata dal sole sopra un corpo è maggiore dell'attrazione che eserciterebbe la terra sullo stesso corpo nella stessa posizione nella proporzione da 350,000 ad uno. Ma siccome queste attrazioni sono in sostanza prodotte dalle rispettive masse di materia che compongono il sole e la terra, ne segue che il peso del sole, o ciò che è lo stesso, la massa di materia che compone il sole è 350,000 volte maggiore del peso o massa di materia che compone la terra.

Per fare un globo del peso del sole sarebbe necessario fondere in uno 350,000 mila globi simili alla terra!

IX.

Precisato il peso ed il volume dei corpi celesti, noi siamo in grado di determinare le loro densità e di ottenere così qualche argomento per la conoscenza dei materiali che li costituiscono. Vedemmo che mentre il volume del sole è circa 1,400,000 volte maggiore di quello della terra, il suo peso è maggiore nella assai minor proporzione di 350,000 a uno. Ora vediamo a che induzione questo conduca, circa la natura delle materie di cui è composto il sole. Se la sostanza del sole fosse simile a quella della terra, il suo peso necessariamente sarebbe maggiore di quello della terra, nella stessa pro-

porzione che ne è maggiore il volume, il peso cioè del sole dovrebbe essere naturalmente 1,400,000 volte quello della terra. Ma esso non è tale neppur prossimamente: è, al contrario, assai minore. Se ne deduce la conseguenza che la materia di cui il sole è composto, è più leggera di quella della terra nella proporzione di quattro a uno. La densità del sole, adunque, è circa il 40 per 100 maggiore di quella dell'acqua, e conseguentemente il peso dell'orbe solare eccede il peso di un globo dell'istessa dimensione e composto totalmente d'acqua, solo in quella proporzione.

X.

Sebbene a coloro che non sono avezzi al rigore delle ricerche scientifiche possa parere evidente a sufficienza, senza bisogno di altra dimostrazione, che il sole è di forma sferica, pure i più esatti metodi di investigazione, esigono che abbiamo a trovare una prova della sfericità del sole più concludente del solo fatto del parer sempre il suo disco di forma circolare. Quantunque improbabile, strettamente parlando però sarebbe possibile che la forma del sole fosse un disco, o piatto circolare di materia, la faccia del quale fosse sempre rivolta alla terra: e v'ha poi di fatto una grande varietà di altre forme, che mediante particolari disposizioni nel loro moto, possono presentare all'occhio la forma circolare come una sfera. Per provare quindi che un corpo è sferico è necessario qual cosa più che il solo fatto di apparire sempre circolare.

XI.

Dirigendo un telescopio verso il sole, si scoprono in esso certi segni o macchie di cui noi parleremo or ora più completamente. Si osserva che queste macchie, conservando l'una rispetto all'altra la lor posizione relativa, si trasportano regolarmente da un lato del sole all'altro. Esse scompajono, e stanno invisibili per un certo tempo, poi ricompajono dalla parte opposta a quella da cui sono sparite, e così passano di nuovo sul disco solare. Quest'effetto dovrebbe necessariamente essere prodotto dalle macchie alla superficie di un globo, quando il globo stesso rotando sul proprio asse trascinasse le macchie con sè nella rotazione. E che questo sia il caso nel sole, è provato abbondantemente dal fatto che i periodi di rotazione sono trovati eguali per tutte le macchie, cioè all'incirca venticinque giorni e mezzo. Questo è dunque il tempo impiegato dal sole nella sua rotazione, e

non vi ha più dubbio che non sia una sfera poichè la sola sfera è il solido che rotando presenti sempre all'occhio la figura di un circolo. L'asse su cui ruota il sole è pressochè perpendicolare al piano dell'orbita della terra, e il moto rotatorio del sole sul proprio asse è nella direzione medesima del moto dei pianeti attorno al sole, cioè dall'ovest all'est.

XII.

Uno dei primi frutti dell'invenzione del telescopio fu la scoperta delle macchie del sole: e l'esame di queste ha gradualmente condotto a conoscere le condizioni fisiche del centro del nostro sistema.

Se sottomettiamo una macchia solare all'esame telescopico, troviamo che la sua apparenza è quella di una piastra intensamente nera, e di forma irregolare, circondata da una frangia di penombra, lo splendore della superficie del sole svanendo gradualmente nell'oscurità della macchia. Quando la si osserva per un tempo considerevole, si trova ch'essa è soggetta a cambiamenti graduali nella sua forma e grandezza: da principio crescendo in dimensioni, finchè raggiunge un limite definito di grandezza; raggiunto il quale cessa di crescere, e incomincia tosto a diminuire: e la sua diminuzione progredisce gradualmente, finchè col tempo gli orli splendidi chiudendosi sopra la piastra oscura, essa si residua a un semplice punto, e poi totalmente scompare. Il periodo di tempo che corre dalla formazione di una macchia al suo graduale ingrandimento, successiva diminuzione, e finale scomparsa, è assai vario. Alcune macchie appariscono e spariscono rapidissimamente, mentre altre durano settimane ed anche mesi.

XIII.

La grandezza delle macchie, e la velocità con cui si move la materia che compone gli orli e le frangie quando le macchie ingrandiscono e diminuiscono, stanno in proporzione delle dimensioni del globo del sole. Quando si consideri che uno spazio che sopra il disco solare abbia la grandezza apparente di un solo minuto, misura in realtà 27960 miglia, e che frequentemente si osservarono macchie di un'apparente lunghezza e larghezza eccedente due minuti, si può facilmente accepire quali regioni di portentosa grandezza esse possano occupare.

XIV.

La velocità con cui talvolta si move la materia, che compone gli orli delle macchie duranti i periodi d'ingrandimento, o diminuzione, si trovò in alcuni casi enorme. Una macchia dell' apparente grandezza di 40″, osservata da Mayer, si chiuse in 40 giorni all' incirca. Ora le vere dimensioni lineari di una tale macchia dovevano essere di 41940 miglia, e per conseguenza la media velocità della materia degli orli doveva essere di 1050 miglia al giorno, velocità equivalente a 44 miglia all'ora.

XV.

Due, e solamente due supposizioni furono messe innanzi per dar ragione delle macchie. L 'una suppone che esse sieno scorie, di materia incombustibile, galleggianti alla superficie generale del sole. L'altra suppone che sieno escavazioni, o vani nella materia luminosa che investe il sole, la parte nera delle macchie essendo una parte del nucleo solido o non luminoso del sole. In questa seconda ipotesi è ammesso che il sole sia un globo solido e non luminoso, coperto da una veste di un certo spessore di materia luminosa.

Che le macchie sieno delle cavità e non solamente come delle piastre nere alla superficie, lo si prova colle seguenti osservazioni: Se scegliamo una macchia che sia al centro del disco del sole, avente una data forma, come quella di un circolo, e se osserviamo i suoi cambiamenti d' apparenza, quando per la rotazione del sole essa è trascinata verso l' orlo del disco, noi troviamo in primo luogo che da circolare diviene ovale. Tuttavia questo dovrebbe spettarsi quand'anche la macchia fosse come una piastra circolare, in quanto che un circolo veduto obliquamente è raccorciato in un ovale. Ma troviamo altresì che movendosi la macchia verso il lembo del sole, la macchia nera a poco a poco dispare, la frangia di penombra dal lato interno della macchia diviene invisibile, mentre quella dal lato esterno cresce apparentemente in larghezza, dimodochè quando la macchia s'avvicina all' orlo del disco la sola parte che di essa è visibile, è la frangia di penombra esterna. Ora questo è appunto quello che dovrebbe accadere se la macchia fosse una cavità. La frangia di penombra è prodotta dallo squarcio dei lati della cavità che discendono obliquamente al fondo oscuro. Quando la macchia

è tratta all'orlo del disco solare, l'altezza della parete interna s'interpone fra l'occhio e il fondo della cavità, in modo da nasconderla alla vista. Così la superficie dello squarcio interno prendendo la direzione della linea visuale appare diminuita in larghezza, mentre la superficie dello squarcio prossimo all'orlo del sole, divenendo quasi perpendicolare alla linea visuale, appare in tutta la sua larghezza.

In breve tutte le variazioni di apparenza a cui soggiaciono le macchie che essendo tratte attorno dalla rotazione del sole e mutando di posizione in riguardo al centro del disco solare, sono esattamente quelle che sarebbero prodotte da una cavità, e tutt'affatto diverse da quelle a cui soggiacerebbe una piastra nera sulla superficie solare.

XVI.

Può dunque ritenersi come provato che le macchie del sole sono cavità, e che l'apparente loro nerezza è prodotta dal fatto che la parte che costituisce la porzione nera della macchia è una superficie totalmente priva di luce, o tanto men luminosa della costante superficie del sole da parer nera al confronto. Questo fatto combinato colle apparenze dei lembi di penombra attorno le macchie, condusse alla supposizione proposta da Sir W. Herschel, la quale non sembra ammettere dubbio, che il nucleo solido ed opaco, o globo del sole sia rivestito da almeno due atmosfere, delle quali quella vicina al nucleo simile alla nostra, non luminosa, e solo la superiore sia quella da cui si svolgono la luce ed il calore: ad ogni modo, sieno o no questi due strati allo stato aeriforme pare fuori di dubbio che essi esistano l'uno sopraposto all'altro, e che lo strato superiore sia il luminoso.

Non si può esser certi che la porzione nera delle macchie sia una superficie priva totalmente di luce, poichè le luci artificiali più intense che si possano ottenere, come quella di un pezzo di calce esposta all'azione di una fiammella prodotta da una miscela d'idrogene e ossigene, quando la si vede sulla projezione del disco solare, appare oscura come le stesse macchie: effetto dovuto allo splendore infinitamente maggiore della luce del sole. Tutto quello dunque che si può inferire circa le macchie è, non già ch'esse siano prive di luce, ma incomparabilmente meno brillanti della restante superficie solare.

XVII.

L'apparizione delle macchie sul disco del sole è variabile ed irregolare. Talvolta il disco ne è completamente sfornito, e rimane così

per settimane e mesi; e tal altra vi sono sparse in certe parti con profusione. Talvolta le macchie son piccole ma numerose, tal altra si vedono senza macchie di grande estensione; e tal altra in fine si mostrano in gruppi le penombre dei loro lembi essendo in contatto. La durata di ciascuna macchia è altresì molto varia e irregolare. Una macchia apparve e scomparve in meno di 24 ore, mentre alcune mantennero la loro apparenza o posizione per 9 o 10 settimane, o pressochè durante tre rivoluzioni del sole sopra il proprio asse.

Si vide talvolta una macchia estesa sminuzzarsi subitamente in un gran numero di piccole.

La sola circostanza che si possa dire regolare, che accompagna questi ragguardevoli fenomeni è la loro posizione sul sole. Le macchie sono invariabilmente confinate in due zone di moderata larghezza parallele all'equatore del sole, e separate da esso da uno spazio di alcuni gradi di larghezza. L'equatore, e lo spazio che così separa le due zone sono assolutamente privi di tali fenomeni.

XVIII.

Le osservazioni da cui si dedussero le conseguenze sopraccennate furono fatte dagli astronomi in tempi diversi. Le più importanti sono quelle di Sir W. Herschel, del dottor Pastorff, del professore Capocci, e di Sir John Herschel, i quali hanno fornito parecchi disegni di macchie, la somiglianza generale dei quali, sebben fatti in diversi luoghi, in diversi tempi, e da diversi osservatori, offre una evidente prova della loro autenticità.

Nella figura in capo all'articolo, abbiam dato la copia di alcuni fra i più ragguardevoli di questi disegni.

XIX.

L'estensione superficiale di parecchi gruppi di macchie solari osservate il 24 maggio 1828, comprendendo lo squarcio, fu calcolata come segue:

Gruppo A, macchia principale, miglia geografiche quadrate	928,000,000
Gruppo A, macchie minori . . . . »	736,000,000
Gruppo B. . . . . »	296,000,000
Gruppo C. . . . . »	232,000,000
Gruppo D. . . . . »	304,000,000
Area totale miglia quadrate	2,496,000,000

XX.

Indipendentemente dalle macchie nere ora descritte il disco solare non è uniformemente splendido in tutte le sue parti. Esso presenta un'apparenza ineguale, che potrebbe essere paragonata alla superficie ondulata e agitata di un oceano di fuoco, a uno strato di nubi luminose di diverse profondità e di varia forma, o all'apparenza di un legger deposito di alcuni precipitati chimici fioccosi veduti in un liquido trasparente e perpendicolarmente dal di sopra. Immediatamente attorno ai lembi delle macchie vi sono degli spazii coperti da striscie curve o ramificate, più intensamente luminose delle altre parti del disco dalle quali sogliono emergere le macchie. Queste molteplici varietà nell'intensità della lucentezza del disco sono designate coi termini di *facule* e *lucule*. Queste apparenze sono di preferenza più fortemente marcate sul contorno del disco solare.

XXI.

Si fecero varii tentativi per constatare col mezzo di osservazioni dirette, indipendentemente da ogni congettura o ipotesi, lo stato fisico della materia luminosa che involge il globo del sole, se cioè sia solida, liquida o aeriforme.

Che non sia solida lo si ritiene come provato concludentemente dalla sua straordinaria mobilità, che viene indicata dai movimenti dei lembi delle macchie rinchiudentisi; ed è contestato che un fluido capace di muoversi in ragione di 44 miglia all'ora possa essere un liquido, potendosi solo in un fluido elastico ammetter un tale moto.

Arago ha suggerito una esperienza fisica dalla quale appare provato che quella materia luminosa deve essere aeriforme, cioè che il sole deve essere investito da un oceano di fiamma, non essendo altro la fiamma che un fluido aeriforme in istato d'incandescenza. L'esperienza proposta è basata sulle proprietà della luce polarizzata.

È provato che la luce emessa da un corpo incandescente in istato liquido o solido quando emani in direzioni assai oblique alla sua superficie (anche quando il corpo luminoso non sia liscio o levigato) presenta segni evidenti di polarità dimodochè quel corpo osservato attraverso un polariscopio presenterà due immagini in colori complementari. Ma d'altra parte, per quanto sia obbliqua la direzione in cui i raggi vengono emessi non si scopre alcun segno di polarità se la materia luminosa è una fiamma.

La luce proveniente dal sole fu quindi sottoposta a questa esperienza. I raggi provenienti dai lembi del disco solare emanano nella direzione più obbliqua possibile alla superficie , e sarebbero perciò nella condizione più favorevole alla polarità, se la materia luminosa fosse liquida. Tuttavia i lembi della doppia imagine prodotta dal polariscopio non mostrano alcun indizio di colori complementari essendo ambedue egualmente bianche fino all'ultimo orlo.

Questa esperienza è applicabile solamente alla materia luminosa sul lembo o presso il lembo del disco, poichè è solamente da essa che i raggi emanano colla necessaria obliquità. Ma giacchè il sole ruota sul proprio asse, ciascuna parte della superficie alla sua volta si presenta successivamente ai lembi del disco: e così ne segue che la luce emanata da ogni punto del sole è nel suo stato naturale o non polarizzatto anche quando viene emessa sotto la più grande obliquità; e conseguentemente che la materia luminosa del sole è ovunque aeriforme.

XXII.

Tutti questi fenomeni che abbiamo descritto, e altri ancora che i limiti prescrittici ci obbligano ad omettere, si può ritenere che forniscano un alto grado di probabilità all' ipotesi già menzionata di sir W. Herschel, per la quale il sole è considerato come un globo solido, opaco, non luminoso, rivestito da due strati concentrici di materia aeriforme; il primo, ossia quello che riposa immediatamente sulla superficie, non luminoso, e l'altro che galleggia sul primo composto di un gas luminoso ossia di fiamma. La relazione e la disposizione di questi due strati fluidi l'uno rispetto all'altro possono essere in qualche modo assomigliati dalla nostra atmosfera che sopporta uno strato di nubi. Se queste nubi fossero di fiamme, la condizione della nostra atmosfera rappresenterebbe i due strati del sole.

Le macchie in questa ipotesi sono spiegate siccome squarci accidentali nello strato luminoso, attraverso i quali si rende visibile una parte della superficie opaca e non luminosa del globo solido. Questi squarci parziali possono essere comparati agli squarci fra le nubi del nostro cielo, pei quali il firmamento si mostra parzialmente visibile.

XXIII.

Molte circostanze forniscono indizii altresì dell'esistenza di un'atmosfera di gas al di fuori della materia luminosa che forma la su-

perficie visibile del sole. Fu osservato che la lucentezza del disco solare è sensibilmente diminuita verso i suoi lembi. Quest'effetto sarebbe prodotto da un'atmosfera imperfettamente trasparente che lo circondasse, mentre se questo involucro gasoso non esistesse, dovrebbe aspettarsi il contrario di un tale effetto, dacchè la spessezza del rivestimento luminoso misurata nella direzione del raggio visuale crescerebbe rapidamente, procedendo dal centro verso gli orli. Questa graduale diminuzione di lucentezza verso gli orli del disco solare fu osservata da parecchi astronomi, ma fu più chiaramente dimostrata dalla serie di osservazioni fatte da sir John Herschel nel 1837, e in modo così concludente da non lasciar dubbio alcuno nella mente di quell'esimio osservatore. Projettando l'imagine del sole sopra un foglio di carta bianca mediante un buon telescopio acromatico la diminuzione di luce verso gli orli fu resa così evidente, che gli recò sorpresa che la cosa fosse stata posta in questione.

Ma le prove più concludenti dell'esistenza di quest'atmosfera esterna sono fornite da alcuni fenomeni osservati in occasione degli eclissi totali di sole, fenomeni che saranno pienamente spiegati altrove.

XXIV.

Il calore generato nel sole da qualche agente incognito è disperso nello spazio dalla radiazione. Se, come può ritenersi, la proporzione in cui il calore è generato è la stessa per tutte le parti del sole e se oltre a ciò la radiazione è egualmente libera e senza ostacoli da tutte le parti della sua superficie, egli è evidente che si manterrà dappertutto sul sole una temperatura uniforme. Ma se per qualche causa locale, la radiazione sia men libera in alcune regioni che in altre, il calore si accumulerà nelle prime, e la temperatura locale sarà più elevata quivi, che là dove la radiazione è più libera.

Ma il solo ostacolo alla libera radiazione del sole deve provenire dall'atmosfera da cui esso è circondato a un'altezza così portentosa. Tuttavia, se l'atmosfera ha per ogni dove la stessa altezza e la stessa densità, essa presenterà per ogni dove i medesimi ostacoli alla radiazione; e l'effettiva radiazione che avviene attraverso di essa, sarà più debole di quella che avrebbe avuto luogo in sua mancanza, ma sarà ancora uniforme.

Ma poichè il sole compie la rotazione sul proprio asse in 25 giorni, 7, ore e 48 minuti, la sua atmosfera parteciperà di questo moto, e materia eminentemente mobile, soggiacerà agli effetti della forza centrifuga. La zona equatoriale essendo trascinata attorno con una velocità in-

definitamente minore, agiranno sopra l'atmosfera solare quelle stesse cause a cui è dovuta la forma sferoidale della terra, e agiranno con un' energia proporzionata alla sua tenuità e mobilità: per conseguenza essa assumerà la forma di una sferoide appiattita il cui asse sarà l'asse di rotazione del sole. Fuggendo dai poli il fluido atmosferico s'accumulerà sull'equatore, e la sua altezza sarà maggiore nelle zone contigue all'equatore che in quelle contigue ai poli proporzionalmente alla elitticità assunta dalla sferoide atmosferica.

Se si ammette questo ragionamento bisogna dedurne che l'ostacolo opposto dall'atmosfera solare alla radiazione è massimo all'equatore, e che gradualmente diminuisce procedendo verso l'uno e l'altro polo. L'accumulazione di calore e la conseguente elevazione di temperatura è quindi massima all'equatore, e decresce gradualmente verso i poli, esattamente come avviene sulla terra per altre e differenti cause fisiche.

XXV.

Gli effetti prodotti nell'atmosfera solare da questa ineguaglianza di temperatura, combinata colla rotazione devono naturalmente essere ne' loro caratteri generali simili ai fenomeni prodotti sulla terra dalle stesse cause, differendone solo nelle proporzioni. Come sulla terra, devono stabilirsi delle correnti inferiori dirette verso l'equatore, e delle controcorrenti superiori dirette verso i poli. Le macchie del sole possono quindi essere rassomigliate a quelle regioni tropicali della terra dove, quando avvengono oragani e turbini, lo strato superiore proveniente dall' equatore viene temporariamente trascinato all' ingiù, spostando colla sua forza gli strati sottoposti di materia luminosa (la quale si può supporre che formi un limite abitualmente tranquillo tra le opposte correnti superiore e inferiore) squamandone gli strati superiori come di ragione più ampiamente che gli inferiori e denudando così in parte la superficie opaca del sole. Questi spostamenti non possono essere scompagnati da moti vorticosi, che abbandonati a sè stessi si spengono a poco a poco e si dissipano, con questa particolarità che le loro porzioni inferiori si mettono in riposo più presto che le superiori in ragione della loro lontananza dal punto dell' azione, che sta sempre in una regione più alta; cosicchè il loro centro, come si scorge nelle nostre trombe marine che non son altro che piccoli turbini, pare che si sollevi dal basso all' alto (1).

(1) Herschel; Osservazioni al Capo di Buona Speranza. Pag. 434.

Sir John Herschel afferma che ciò s'accorda perfettamente con quanto si osserva durante lo sparire delle macchie solari che pajono riempiersi dal confluire delle loro pareti, chiudendosi la penombra sopra la macchia, e scomparendo dopo.

Questa ingegnosa ipotesi sarebbe stata ancor più soddisfacente, se sir John Herschel avesse assegnata la ragione per la quale l'atmosfera luminosa, e la sottoposta non luminosa, che ambedue si ritengono di fluidi aeriformi, non assumano in conseguenza della rotazione la stessa forma sferoidale che si attribuisce all'atmosfera solare superiore.

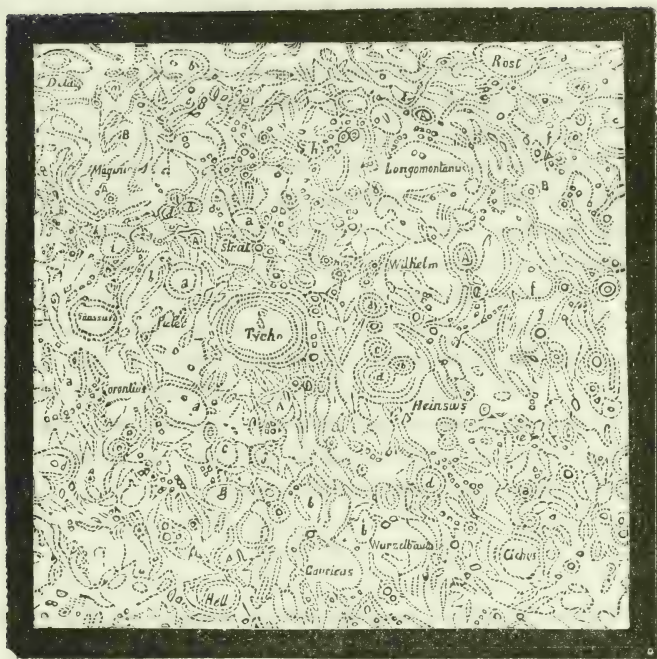
XXVI.

Si è provato che l'intensità del calore alla superficie del sole deve essere sette volte maggiore del calore prodotto nel più attivo alto forno. Questo potere della luce solare è altresì provato dalla facilità con cui i raggi calorifici del sole passano attraverso il vetro. Herschel trovò, con esperimenti fatti con un *actinometro* che l'81, 6 per cento dei raggi calorifici del sole passa attraverso di una lastra di vetro della grossezza di 0 12 che il 58, 9 dei raggi che son passati per la prima lastra passano ancora per una seconda (1).

XXVII.

Una delle più difficili quistioni circa la natura del sole sta nella scoperta dell'agente a cui si deve il calore. All'ipotesi della combustione, o a qualsivoglia altra la quale implichi un cambiamento chimico nei componenti della superficie, si oppongono insuperabili difficoltà. Nella totale mancanza [illegible] dati su cui basare il ragionamento, non possono proporsi c[illegible] congetture. Senza alcuna combinazione chimica, il calore può es[illegible]re generato da sfregamento, o da correnti elettriche: ambedue que[illegible] cause furono perciò suggerite come fonti possibili della luce e [illegible] calore solare. Secondo l'ultima ipotesi, il sole sarebbe una gran [illegible] elettrica nel centro del nostro sistema.

Prof. G. Brusa.

(1) Ibid. pagina 135.

LA LUNA

Veduta telescopica della regione lunare circonvicina alla catena circolare dei monti Tycho, che misura circa 375 miglia da nord a sud, e circa 200 da est a ovest.

I. Interesse con cui la luna è riguardata; influenze attribuitele dall'opinione popolare. — II. Sua distanza dalla terra. — III. Orbita. — IV. Grandezza. — V. Moto rotatorio. — VI. Congiunzione. — VII. Quadratura. — VIII. Opposizione. — IX-XI. Esperienze per constatare un' atmosfera nella luna. — XII-XIII. Nella luna non c'è atmosfera. — XIV. Nè vi son liquidi. — XV. Nessuna diffusione della luce solare. — XVI. Apparenza della terra veduta dalla luna. — XVII. La terra avrebbe delle fascie o zone luminose. — XVIII. La sua struttura geografica, e il suo moto di rotazione sarebbero visibili attraverso le nubi. — XIX. La luce lunare nè calda nè fredda. — XX. Condizione fisica della luna. — XXI. Essa è coperta da spesse montagne. — XXII. Scoperte selenografiche di Beer e di Mädler. — XXIII. Caratteri delle montagne lunari. — XXIV. Catene circolari. — XXV. Descrizione di Tycho. — XXVI. Altezza delle montagne lunari. — XXVII. Osservazioni di lord Rosse. — XXVIII. La luna non è abitata.

I.

Considerata nella sola grandezza la luna deve essere posta fra i corpi meno considerevoli che compongono il sistema solare. Essa non ha neppure, come sarà chiarito fra breve, quell'interesse che possiede un globo proprio all'abitazione di esseri organici analoghi a quelli che vivono sopra la terra. Tuttavia essa fu sempre guardata dagli uomini con senso di profondo e particolare interesse, e l'opinione popolare le attribuì varie influenze non solo sopra la fisica condizione del globo, ma altresì sopra il regno degli esseri organici. Perciò essa fu oggetto tanto di superstizioni volgari, quanto di ricerche scientifiche. Queste circostanze sono certamente dovute alla sua mostra grandissima nel firmamento, alle varie e rapide sue mutazioni di forma apparente, e sopratutto alla sua prossimità e stretta connessione col nostro pianeta. Noi ci proponiamo ora di dare una nozione generale dei movimenti, della grandezza, e delle condizioni fisiche di essa, e di spiegare particolarmente quelle circostanze, che fanno ritenere che la luna, a differenza dei pianeti, non presenti colla terra alcuna analogia che renda probabile, o anche solo possibile, ch'essa possa essere un mondo abitato.

II.

È constatato che la sua distanza dalla terra è assai poco minore di 240,000 miglia; e poichè il semidiametro della terra è di 4,000 miglia ne segue che la distanza della luna è circa 60 semidiametri terrestri. Il metodo usato per determinare questa distanza, non differisce nell'essenza da quello con cui un comune osservatore determina la distanza di un oggetto terrestre che gli sia inaccessibile.

III.

Ora poca osservazione basta per conoscere che la luna si move attorno alla terra in un'orbita che non differisce molto da un circolo, di cui la terra è il centro. Si deduce questo dal fatto famigliare a tutti che la sua apparente grandezza è sempre presso a poco la stessa. Essa è quindi sempre alla stessa, o pressochè alla stessa distanza dall'osservatore. La terra per conseguenza deve essere posta al centro della vera orbita, e quest'orbita deve essere prossimamente un circolo.

IV.

Quando la distanza di un oggetto visibile sia determinata, ne può essere facilmente determinata anche la grandezza, confrontandolo con un altro oggetto di conosciuta grandezza a conosciuta distanza. Prendiamo un disco (una moneta per esempio) che misuri un pollice di diametro, e poniamolo fra il nostro occhio e la luna. Se lo si pone dapprima vicino all'occhio esso apparirà più grande della luna; esso infatti nasconderà all'occhio completamente la luna, e produrrà ciò che può essere chiamato un eclissi totale. Ma allontaniamolo dall'occhio: esso apparentemente diminuirà di grandezza quanto più la distanza s'accresce. Allontaniamolo finchè la sua apparente grandezza divenga eguale a quella della luna, dimodochè esso copra la luna esattamente, nè più, nè meno. Misurando la sua distanza dall'occhio la si troverà di circa 120 pollici, ossia 240 mezzi pollici. Ma è noto che la distanza della luna è circa 240,000 miglia: ne deriva conseguentemente che 1,000 miglia nella distanza della luna corrispondono esattamente a mezzo pollice nella distanza del disco. Ora nelle circostanze che abbiamo supposto il disco e la luna sono oggetti simili e di eguale apparente grandezza. Difatti il disco è come un'altra luna in più piccola *scala*, e si può adoperare il disco per misurare la luna purchè ci sia nota la *scala*, precisamente nel modo che si misurano le distanze di un paese sopra una mappa di cui ci sia conosciuta la *scala*. Ma nel nostro caso è determinato appunto che la scala è nella proporzione da mezzo pollice a 1,000 miglia; dunque giacchè il disco ha due mezzi pollici di diametro, la luna deve avere 2.000 miglia di diametro. La luna è dunque un globo il cui diametro è circa un quarto di quello della terra.

Tutto ciò sarà reso ancor più chiaro osservando il disegno, fig. 1.ª, dove E è l'occhio, C il disco, ed M la luna. Egli è evidente a primo

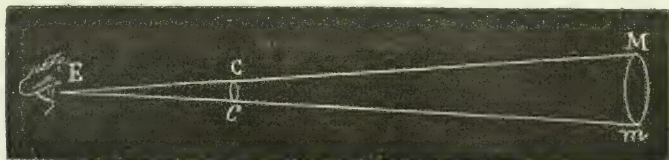



Fig. 1.

sguardo che il triangolo formato dalla distanza EC del disco dall'occhio e il diametro Cc del disco è simile al triangolo formato dalla

distanza EM e il diametro M*m* della luna, e che conseguentemente la proporzione con cui stanno fra loro EC ed EM è precisamente la stessa della proporzione con cui stanno fra loro C*c* ed M*m*. Ma come è appunto stato determinato, si trova che quando C*c* copre esattamente e nè più nè meno la luna, EC è 120 volte C*c*. Ne segue che EM è 120 volte M*m*. Ma siccome è noto che EM è 240,000 miglia, il che vuol dire 120 volte 2000 miglia, ne segue che M*m* è 2000 miglia.

V.

Osservando la faccia della luna troviamo che, mentre si muove attorno alla terra, essa ci presenta sempre lo stesso emisfero. Si riconosce tal fatto osservando che le macchie che si vedono in essa rimangono sempre nella stessa posizione. Ora perchè un globo che circola attorno a un centro possa tener rivolto a questo centro sempre lo stesso emisfero è d' uopo che faccia una rivoluzione sul proprio asse nel tempo che impiega nel suo giro. Supponiamo che il globo che circola abbia, in una data posizione, il centro intorno a cui circola, al nord: l'emisfero rivolto al centro è per conseguenza rivolto al nord. Quando il globo ha fatto un quarto di circolo il centro riesce all'ovest di esso, e l'emisfero che prima era rivolto al nord ora è rivolto all' ovest. Quando il globo ha fatto un'altro quarto di circolo il centro sarà al sud e l' emisfero sarà anch' esso rivolto al sud. Nello stesso modo dopo un' altro quarto di circolo l' emisfero sarà rivolto all' est. Siccome lo stesso emisfero va successivamente rivolgendosi a tutti i punti della bussola, egli è evidente che il globo deve in quello stesso tempo fare un giro altresì sopra il proprio asse.

È dunque chiaro che la rotazione della luna sopra il proprio asse è eguale al tempo della rivoluzione della luna nella sua orbita, la quale è di 27 giorni, 7 ore e 44 minuti. Gli intervalli di luce e di tenebre per gli abitanti della luna (se mai ve ne fossero) sarebbero del tutto diversi da quelli di cui godono gli abitanti dei pianeti: essi avrebbero 13 dei nostri giorni di continua luce, alternati con tredici altri di continue tenebre. L'analogia dunque che sussiste fra i pianeti riguardo ai giorni e alle notti, e che fornisce un potente argomento in favore dell'opinione che i pianeti sieno globi abitati come la terra, non sussiste nel caso della luna.

VI.

Quando la luna circola attorno alla terra l'emisfero illuminato è sempre quello rivolto verso il sole: esso prende perciò varie posizioni rispetto alla terra. La cosa è spiegata nella fig. 2. ES rappresenti la direzione del sole, ed E rappresenti la terra. Quando la luna è in N fra il sole e la terra, presentando essa al sole l'emisfero

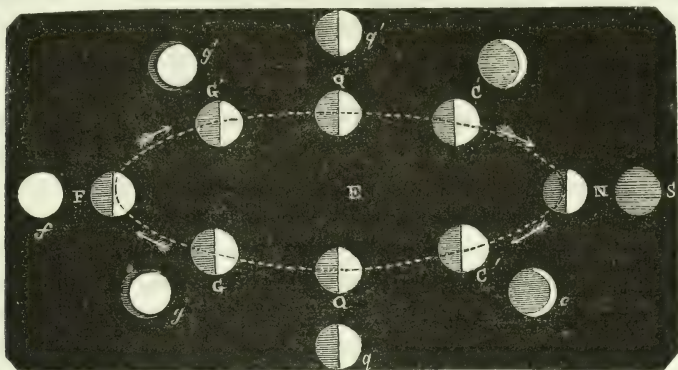



Fig. 2.

illuminato, presenterà alla terra l'emisfero tenebroso, e sarà perciò invisibile. In questa posizione si dice che la luna è in *congiunzione*.

Quando essa passa nella posizione C, l'emisfero illuminato rimanendo sempre quello che sta verso il sole, una piccola porzione soltanto di esso sarà volta verso la terra, e apparirà perciò come una falce, quale viene rappresentata in *c*.

VII.

Quando la luna prende la posizione Q ad angolo retto tra il sole e la terra si dice che è in *quadratura*: allora solamente una metà dell' emisfero illuminato è rivolta alla terra, e la luna appare dimezzata, come viene figurata in *q*.

Quando arriva nella posizione G la più gran parte della porzione illuminata è allora visibile dalla terra, e appare gobba come viene figurata in *g*.

VIII.

Quando la luna è in opposizione col sole, come si vede in F, l'emisfero illuminato è interamente rivolto verso la terra, e la luna

appare piena come in f, a meno che non sia oscurata dall'ombra della terra, ciò che accade di raro. Nello stesso modo è chiaro come in G' appaja ancora gobba, in Q' dimezzata, e in C' falcata.

Se la luna e i pianeti fossero veduti da un osservatore posto fuori del piano generale in cui si muovono, essi apparirebbero moversi nella direzione degli indici di un orologio o nella direzione contraria secondo che fossero veduti dall'una o dall' altra parte del piano in cui si muovono. Se l' osservatore fosse dal lato nord del piano il loro movimento sarebbe contrario a quello degli indici di un orologio: e sarebbe invece secondo quegli indici se l' osservatore fosse dal lato sud del piano. Nel caso della figura 2, e anche in altri disegni astronomici di questo Museo si suppone che l' osservatore sia posto dal lato sud del piano delle orbite.

IX.

Per determinare se il globo lunare sia circondato da una veste di gaz simile all' atmosfera terrestre, è necessario dapprima conoscere quali fenomeni presenterebbe tale involucro alla distanza della luna, e se tali fenomeni possano essere visibili.

X.

Secondo le nozioni ordinarie e volgari è difficile separare l' idea di un' atmosfera dall'idea dell'esistenza delle nubi; eppure è necessaria qualche altra cosa oltre l' aria per produrre le nubi. È indispensabile la presenza dell'acqua, e se fosse ammesso che nella luna non esiste acqua, certo allora la mancanza di nubi non sarebbe prova della mancanza di atmosfera. Sia come si voglia, egli è certo che non vi sono nubi sopra la luna, poichè se vi fossero, le scopriremmo immediatamente per le variazioni di luce e tenebre ch'esse produrrebbero. Se vi è attorno alla luna un'atmosfera, essa è interamente scompagnata da nubi.

XI.

Uno degli effetti prodotti dalla vista lontana di un'atmosfera che circondi un globo, un emisfero del quale sia illuminato dal sole, è che il limite o linea di separazione tra l'emisfero illuminato, e l'altro che riman nelle tenebre, non è diffinito in modo subitaneo e deciso, ma è graduale, svanendo la luce a poco a poco nelle tenebre. Egli

è a questa causa che si deve il crepuscolo, e noi vedremo più giù che questo graduato svanire della luce del sole si può scoprire in alcuni pianeti, nei quali fu osservata un' atmosfera. Ora se un tale effetto si producesse nella luna, esso sarebbe visibile ad occhio nudo, e assai distintamente poi col telescopio. Quando la luna appare come una falce, il profilo concavo è il confine che separa l'emisfero illuminato dal tenebroso: quando è nella quadratura questo confine è il diametro del semicircolo. Nè nell'uno nè nell'altro caso si scopre mai alcun graduale svanir della luce: al contrario il confine, sebbene contorto e irregolare, è tuttavia perfettamente netto e preciso. Tutte queste circostanze concorrono a provare che non esiste attorno alla luna un' atmosfera capace di rifrangere la luce in modo sensibile.

Si potrebbe dire tuttavia che può esservi un'atmosfera, ma troppo tenue per produrre un crepuscolo osservabile. Gli astronomi però ricorsero ad un' altra prova ben più delicata e decisiva, la natura della quale sarà compresa mediante la spiegazione di un semplice principio di ottica. Quando un raggio di luce attraversa un mezzo trasparente, come l'aria, l'acqua, o il vetro, in generale esso è deviato dalla linea retta in modo da formare un angolo (fig. 3). Un esperimento semplice, e facilmente eseguito renderà la cosa intelligibile. Ponete un oggetto qualsiasi, una moneta p. es. sul fondo di un catino. Ponete l'occhio in E, cosicchè la parete del catino (che deve essere vuoto) vi nasconda appena la moneta; e il punto visibile più prossimo ad essa sia A nella direzione della retta EBA. Ora empite d'acqua il catino: la moneta sarà immediatamente visibile, e la ragione è questa che il raggio di luce CB procedente dalla moneta, è piegato ad angolo nel passare dall'acqua nell'aria, e raggiunge l'occhio per la spezzata CBE. Così la moneta divien visibile all'occhio, non ostante l'interposizione della parete opaca del catino.

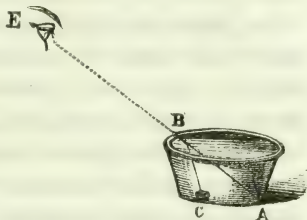



Fig. 3.

Ora vediamo come questo principio potrebbe essere applicato all' atmosfera della luna, se mai esistesse.

mm' rappresenti il disco della luna (fig. 4.), e *aa* l' atmosfera che la circonda; *sme* ed *sm'e* sieno due linee tangenti la luna in *m* ed *m'* e procedenti verso la terra. s ed s sieno due stelle visibili nella direzione di queste linee. Se la luna non ha atmosfera queste stelle sembreranno toccar l'orlo di essa in *m* ed *m'* perchè i raggi che ema-

nano da esse procederanno direttamente alla terra: ma se la luna ha un'atmosfera, quest' atmosfera possiederà la proprietà comune a tutti i mezzi trasparenti di rifranger la luce, e in virtù di tale proprietà, delle stelle nelle posizioni s', s', coperte dal disco della luna saranno ancora visibili sulla terra, poichè il raggio $s'm$, $s'm'$ sarà piegato ad angolo nella direzione di me', $m'e'$, cosicchè le stelle s' s' saranno visibili in e', e', non ostante l'interposizione dell'orlo lunare.

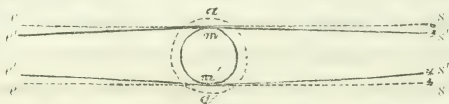



Fig. 4.

Questo ragionamento conduce alla conclusione che movendosi la luna nel firmamento, se essa avesse un' atmosfera dovrebbero essere visibili al suo orlo delle stelle che in realtà son già da esse coperte e la grandezza di questo effetto sarebbe in proporzione della densità dell'atmosfera.

XII.

La grandezza e il movimento della luna e la relativa posizione delle stelle sono così esattamente conosciute, che nulla è più facile certo e preciso delle osservazioni che si possono fare per accertarsi se mai è ancor visibile alcuna stella, che sia in realtà coperta dagli orli della luna. Queste osservazioni furono fatte, e non fu mai verificato un simile fenomeno. Questa specie di osservazioni è suscettibile di tale estrema esattezza ch'egli è certo che se esistesse attorno alla luna un' atmosfera mille volte meno densa della nostra, la sua presenza sarebbe stata scoperta.

XIII.

L' atmosfera terrestre contrappesa una colonna di mercurio alta 30 pollici, un'atmosfera mille volte men densa contrappeserebbe solamente la trentesima parte di un pollice. Può dunque considerarsi come provato che lo spazio attorno alla superficie lunare è privo di atmosfera quanto ne è priva la campana di una buona macchina pneumatica dopo che l'estrazione dell'aria fu spinta al massimo limite possibile. Per ogni scopo pratico è dimostrato che la luna non ha atmosfera.

XIV.

Le stesse prove fisiche che mostrano la non esistenza di un atmosfera d'aria attorno alla luna, sono egualmente concludenti contro un' atmosfera di vapori. Si può dunque inferire che non esistono liquidi sulla superficie della luna, da che essi sarebbero soggetti ad evaporare. Sir John Heschel, tuttavia, opina ingegnosamente che la mancanza di vapori non esclude assolutamente l'evaporazione. Un emisfero essendo continuamente esposto per 328 ore alla sferza dei raggi solari più intensi che in un mezzodì fra i tropici, perchè non mitigati dai venti e dalle nubi, mentre l'altro emisfero per un tempo eguale è esposto a un freddo assai più rigoroso di quello, che si ha sulla cima delle più alte montagne, o nelle regioni polari, ne verrebbe la conseguenza dell'immediata evaporazione di tutti i liquidi che potessero esistere in un emisfero, e l'istantanea condensazione e congelazione dei vapori nell'altro emisfero. Il vapore in breve non sarebbe piuttosto formato nell'emisfero illuminato, ch'esso si precipiterebbe nel vuoto dell'emisfero tenebroso, dove sarebbe immantinente condensato, e congelato; effetto che Herschel abilmente illustra col famigliare esperimento del Crioforo. Come egli osserva, la conseguenza di questo stato di cose sarebbe l'assoluta aridità sotto i raggi verticali del sole, l'accumulazione continua di brine nella regione opposta e forse una stretta zona di acque correnti sul limite dell' emisfero illuminato. Egli congettura che questa rapida alternativa di evaporazione e di condensazione può in certa misura conservare un equilibrio di temperatura, e mitigare gli eccessi delle condizioni diurne e notturne alla superficie. Tuttavia egli ammette che una tale supposizione deve essere compatibile colle prove della mancanza, anche nei più stretti limiti, di un' atmosfera pur di vapori: e rimane a vedersi se la condizione fisica generale della superficie lunare, quale ce la mostra il telescopio, sia incompatibile colla supposizione della totale mancanza di qualsiasi liquido.

Pare che sia sfuggito all'attenzione di coloro che sostengono la possibilità dell'esistenza dell'acqua allo stato liquido sopra la luna, che mancando un' atmosfera, la temperatura dev' essere non solo molto al dissotto del punto di congelazione dell'acqua, ma altresì al disotto del punto di congelazione della maggior parte dei liquidi conosciuti. Anche fra i tropici e sotto la linea e coi raggi del sole verticali, l'altezza del limite delle nevi perpetue non oltrepassa i sedici mila piedi, e tuttavia a questa elevazione e più in alto ancora l'at-

mosfera è ancora capace di contrappesare una considerevole colonna di mercurio. Un po' più in alto ma ancora in un' atmosfera assai sensibilmente densa, il mercurio congela. L'analogia quindi giustifica l' induzione che la totale e quasi totale assenza dell' aria attorno alla luna è del tutto incompatibile coll'esistenza dell'acqua, e probabilmente di ogni altra sostanza allo stato liquido, e necessariamente inferisce una temperatura del tutto incompatibile coll'esistenza di esseri organici analoghi in qualsiasi modo a quelli che abitano la terra.

Ma un'altra prova concludente della mancanza di liquidi sulla luna la si trova nella forma della sua superficie che non mostra alcuno di quei chiari caratteri che risultano dalla diuturna azione dell'acqua. Le montagne, di cui è coperta l'intiera superficie a noi visibile, appajono ovunque così dirupate, precipitose e inalterate da escludere totalmente la presenza di liquidi.

XV.

La diffusione generale della luce solare sopra la terra è dovuta principalmente alla riflessione e rifrazione dell'atmosfera, e alla luce riflessa dalle nubi; senza questi mezzi di diffusione la luce del sole illuminerebbe solamente quei luoghi sopra i quali cadono direttamente i suoi raggi. Ogni luogo non direttamente colpito dai raggi solari, o non esposto al riflesso di una superficie illuminata sarebbe involto nella più profonda oscurità. Il cielo di mezzodì sarebbe intensamente nero, poichè il bell'azzurro del firmamento durante il giorno è dovuto al colore riflesso dell'aria. Così l'assenza dell'aria attorno alla luna deve privare la facoltà illuminante e riscaldante del sole di quasi tutta la sua utilità.

XVI.

Se la luna fosse abitata, gli osservatori ivi collocati vedrebbero dei fenomeni celesti assai singolari, e differenti per molti rispetti da quelli che si mostrano agli abitanti del nostro globo. Il cielo sarebbe perpetuamente sereno e senza nubi. Le stelle ed i pianeti brillerebbero di straordinario splendore durante una lunga notte di 323 ore. L'inclinazione dell'asse della luna essendo solo di 5°, non vi sarebbe sensibile cangiamento di stagioni, e l' anno consisterebbe in un monotono ininterrotto equinozio. Gli abitanti di un emisfero non vedrebbero mai la terra, mentre gli abitanti dell' altro l' avrebbero costantemente e di giorno e di notte nel loro firmamento, e sempre

nella stessa posizione. Per coloro che abitassero la parte centrale dell'emisfero che si presenta a noi, la terra apparirebbe stazionaria allo zenit, e non l'abbandonerebbe mai nè si leverebbe, nè tramonterebbe, nè muterebbe di posizione rispetto allo zenit o all'orizzonte. Per coloro che abitassero i luoghi intermedii tra la parte centrale e gli orli del disco lunare, la terra apparirebbe ad una distanza fissa ed invariabile dallo zenit, ed altresì da un azimut fisso ed invariabile, e la distanza dallo zenit sarebbe in ogni dove eguale alla distanza dell' osservatore dal punto medio dell'emisfero rivolto alla terra. Per un osservatore che fosse in qualsiasi luogo sull' orlo del disco lunare la terra apparirebbe perpetuamente all'orizzonte in una invariabile direzione.

La terra illuminata dal sole si mostrerebbe come la luna si mostra a noi, ma con un disco di un diametro apparente maggiore di quello della luna nelle proporzioni di 79 a 21, e di una apparente grandezza superficiale maggiore circa 14 volte, e avrebbe quindi un proporzionato potere illuminante.

La luce terrestre sulla luna sarebbe circa 14 volte più intensa della luce lunare sopra la terra; la terra passerebbe per le stesse fasi e ne compirebbe la serie nello stesso periodo che regola la successione delle fasi lunari, ma le fasi corrispondenti sarebbero separate dall'intervallo di mezzo mese. Quando la luna è *piena* per la terra, la terra è *nuova* per la luna, e viceversa; quando la luna è nel primo quarto la terra è nei tre quarti, e viceversa.

XVII.

I contorni delle macchie lucide ed oscure non sarebbero come nella luna permanenti ed invariabili. Quando la luce fosse riflessa dalle nubi galleggianti nell'atmosfera terrestre essi sarebbero essenzialmente variabili. Tuttavia la disposizione delle parti luminose e di quelle in ombra avrebbe una certa relazione coll'equatore dovuta agli effetti delle prevalenti correnti atmosferiche parallele alla linea. Questa causa produrrebbe delle zone di luce e d'ombra che sarebbero disposte ad angolo retto coll'asse terrestre, l'apparenza delle quali sarebbe in tutto simile alle zone o fasce che si osservano sopra alcuni pianeti, e che sono attribuite alla medesima causa fisica.

XVIII.

Attraverso gli spazj lasciati liberi dalle nubi si vedrebbero le forme geografiche permanenti della superficie terrestre, che proba-

bilmente si mostrerebbe variamente tinta secondo la prevalente natura del suolo, come si osserva nel pianeta Marte, sebbene a una distanza immensamente maggiore. Si potrebbe distintamente osservare la rotazione della terra sopra il proprio asse, e se ne potrebbe determinare il tempo. I continenti e i mari sparirebbero successivamente da una parte per riapparire dall' altra, passando sul disco della terra, trascinati attorno dal movimento di rotazione.

XIX.

Fu per lungo tempo oggetto di ricerche se la luce della luna sviluppasse calore: ma le esperienze e le osservazioni più dilicate non hanno potuto scoprire tale proprietà. Un termometro di un'estrema sensibilità, chiamato termometro differenziale, fu l'istrumento adoperato in queste ricerche.

Questo istrumento consiste in due bulbi di vetro A e B (fig. 5) uniti fra loro da un tubo pure di vetro piegato ad angoli retti. Nella

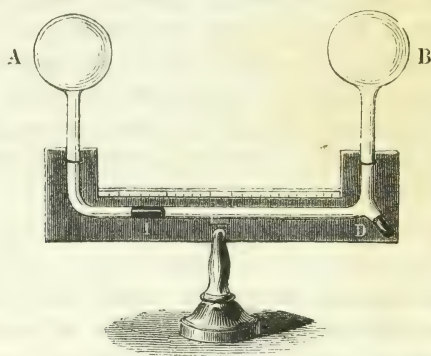



Fig. 5.

parte orizzontale del tubo è posta una piccola quantità di liquido colorato, per es. acido solforico. L' aria atmosferica contenuta nei bulbi e nel tubo è divisa in due parti dal liquido. L' istrumento è così combinato, che quando quella goccia di liquido sta nel mezzo del tubo orizzontale l'aria dei bulbi ha l'istessa pressione; ed avendo i bulbi l'eguale capacità, la quantità d'aria da una parte e dall'altra del liquido è necessariamente eguale. Se i bulbi subiscono temperature ineguali, il liquido sarà forzato ad allontanarsi dal bulbo nel quale la temperatura è più alta, e il cammino percorso nell'allontanarsi dallo zero ossia dal mezzo è indicato da una scala. Questo

termometro è variato talvolta nella forma o disposizione; ma il principio su cui è costrutto è sempre il medesimo. La sua estrema sensibilità, per la quale esso indica cangiamenti di temperatura troppo deboli per essere osservati coi termometri comuni, lo rende sommamente utile come istrumento di ricerche scientifiche. Per esso si constatano alterazioni di temperatura che non eccedono la seimillesima parte di un grado.

La luce della luna fu raccolta nel foco di uno specchio concavo di tale grandezza, che esposto al sole, avrebbe fatto evaporare l'oro e il platino. Il bulbo del termometro differenziale fu posto in quel foco, in modo che ricevesse i raggi lunari concentrati. Pure non si ottenne sul termometro alcun sensibile effetto. Concluderemo perciò che la luce della luna non possiede proprietà calorifica in alcun grado sensibile.

Questo risultato produrrà minore sorpresa, quando si consideri la diversa intensità della luce solare e della lunare. Può ritenersi senza errore rilevante, che l'intensità della luce del sole sulla superficie della luna e su quella della terra sia la stessa: ne segue, che supponendo che nessuna quantità di luce sia assorbita dalla luna, ma che la luce solare tutta e non diminuita venga riflessa dalla sua superficie, l'intensità della luce della luna sopra la terra starebbe alla intensità della luce del sole, come la grandezza della luna sta alla grandezza di tutto il firmamento; cioè assai prossimamente nella proporzione di 1 a 300,000. Ma non si dà una superficie riflettente, comunque perfetta, che non assorba, e in grado considerevole, la luce cadente sopra di essa: e l'aspra superficie della luna deve essere un riflettore assai imperfetto. Può dunque ritenersi come dimostrato che la luce lunare è oltre 300,000 volte meno intensa della luce solare.

Ma se i raggi lunari non sono caldi, è però erronea la volgare credenza ch'essi siano freddi. Noi abbiam visto ch'essi non producono effetto alcuno sopra il termometro.

XX.

Certamente la nostra curiosità è vivamente eccitata considerando le condizioni fisiche della luna. Qual parte le ha destinato l'Autore del sistema solare nell'economia della sua creazione! È dessa un globo fecondo di vita e d'organismo, come la terra? Quest'orbe, che cammina in silenziosa maestà pel firmamento notturno, è dimora di vita e d'intelligenza? La bellezza della sua sembianza induce la mente a congetture di tale natura. Tuttavia le circostanze, che spic-

gai, circa la totale mancanza d'aria e d'acqua, sembra che escludano la possibilità di tale supposizione. Come, si può chiedere, come può concepirsi che un globo, privo di sostanza fluida in qualsiasi forma, posseda esseri organici? Come vi può avvenire l'accrescimento, che implica cambiamento graduale, aumento, diminuzione, e tutti i varii effetti di cui la fluidità è un agente? Come possono procedere queste funzioni sopra una massa solida, arida, dura, inalterabile? Rammentiamo che gran numero di funzioni della nostra economia naturale e sociale sono rese possibili dalla combinazione dell'acqua e dell'aria atmosferica del nostro globo. Nessuna di queste funzioni può compiersi sopra la luna. Ma forse le nostre nozioni sopra tale argomento possono fino ad un certo punto essere rischiarate da un diligente esame dei fatti, che le ricerche scientifiche hanno raccolto circa la condizione fisica della superficie del nostro satellite.

XXI.

Se, quando la luna è crescente, si esamina con un telescopio di forza anche moderata la linea concava, che segna la parte della superficie lunare ove finisce l'emisfero illuminato, e incomincia il tenebroso, si troverà ch'essa non è una curva eguale e regolare, come sarebbe indubitatamente se il globo della luna fosse, anche solo all'ingrosso, liscio e regolare. Se, per es., la superficie della luna rassomigliasse ne' suoi generali caratteri a quella del nostro globo (ammessa la totale mancanza di acqua, ammesso cioè che l'intiera superficie fosse terra, ma presentasse ovunque i caratteri dei continenti attuali) allora io dico che la linea interna della luna crescente sarebbe ancora una curva regolare, spezzata od interrotta solo in punti particolari. Quando quella curva attraversasse le grandi catene di monti, come le Alpi, le Ande, o l'Imalaja, le loro alte cime projetterebbero lunghissime ombre sulle adjacenti sottoposte pianure: poichè devesi aver presente, che essendo que'monti collocati nel momento di che si tratta sul confine dell'emisfero diurno e del notturno, le ombre sarebbero quelle del mattino e della sera, che sono immensamente più lunghe degli oggetti che le projettano. L'effetto di ciò sarebbero fessure o irregolarità nel contorno generale dell'orlo interno: con tali rare eccezioni l'orlo interno del primo quarto prodotto da un globo simile alla terra sarebbe una curva eguale e regolare

Ma tale non è il caso per l'orlo interno della luna crescente, anche veduta ad occhio nudo; e meno ancora se ingrandita dal telescopio. Lo si trova al contrario aspro e contorto; dei punti brillantemente illuminati si scorgono nella parte oscura a qualche distanza da esso, mentre dell'ombre oscure di considerevole ampiezza si mostrano sulla parte illuminata. Le ineguaglianze che così appajono indicano i caratteri della superficie. I punti brillanti nell'emisfero ancora tenebroso sono le cime delle alte montagne rischiarate dalla luce del sole: esse si trovano nella condizione rimarcata da ognuno che sia stato in regioni montuose: dopo il tramonto del sole l'oscurità si è già stesa nelle valli al piede dei monti, mentre il sole continua ad illuminare le cime soprastanti. Lo schizzo (fig. 6) della luna crescente renderà più chiare queste osservazioni.

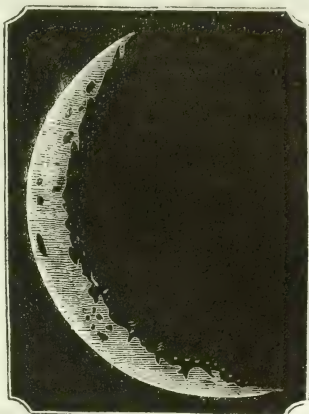



Fig. 6.

XXII.

L'emisfero visibile del nostro satellite fu, nell'ultimo quarto di secolo, assoggettato alle osservazioni più rigorose, che sieno possibili a ingegni instancabili ajutati dai grandi miglioramenti introdotti negli istrumenti telescopici, e non v'è esagerazione nel dire che ora possediamo una carta di quell'emisfero, che nell'accuratezza dei particolari eccede di molto ogni simile rappresentazione della superficie terrestre.

Fra tutti i Selenografi sono eminenti i signori Beer e Mädler astronomi Prussiani. La loro opera descrittiva intitolata *Der Monde* contiene la più completa collezione di osservazioni sopra le condizioni fisiche del nostro satellite, e la loro carta del diametro di 37 pollici offre la più completa rappresentazione della superficie lunare. Oltre questa grande opera, si ha pure una carta selenografica pubblicata da M. Russel sopra osservazioni fatte con un riflettore di 7 piedi, un'altra di Lohrmann, infine un completo modello in rilievo dell'emisfero visibile, opera di madama Witte, signora Hannoveriana.

XXIII.

La superficie dell'emisfero visibile è foltamente coperta da gruppi e catene di monti, di varie forme, grandezze ed altezze, nelle quali

tuttavia è rimarchevole la prevalenza della forma circolare o di cratere. Le varie tinte di bianco e di grigio, che distinguono i lineamenti osservati sopra il disco lunare, derivano in parte dal diverso potere di riflessione delle materie di cui sono composte le varie regioni lunari, e in parte dai diversi angoli sotto cui i raggi del sole vi cadono sopra. I luoghi del bianco più vivo sono montagne di varia grandezza e forma, la cui altezza, relativamente alla mole della luna, eccede d'assai quella delle più cospicue montagne terrestri. Ve ne sono alcune così ripide e dirupate da assumere la sembianza di un vasto muro verticale, cosa del tutto senza esempio sopra la terra. In generale esse sono disposte in larghe masse strettamente contigue, e intersecate da lunghe e profonde valli, gole e abissi, nessuno dei quali tuttavia possiede alcuno dei caratteri che mostrano l'azione dell'acqua.

XXIV.

Vi sono nella luna delle aree circolari che variano in diametro dalle 40 alle 120 miglia, chiuse da una catena circolare di monti, per lo più continua, ma in alcuni casi interrotta in uno o più punti da vasti burroni. L'area così rinchiusa è generalmente una pianura ove sovente sono sparse montagne di altezza minore. La catena circolare protende anche degli speroni sì esternamente che internamente, ma questi sono, in generale, più corti dei primi. In alcuni casi però gli speroni interni che sono diametralmente opposti si congiungono nel mezzo, tagliando così in due il piano racchiuso. In alcuni rari casi il piano racchiuso non è interrotto da montagne. Esso, quasi invariabilmente, è al disotto del livello generale della regione circonvicina. Si danno pochi esempi di un piano interno connesso.

Il circolo di monti che chiude queste vaste aree, è raramente una catena semplice. Esso consiste per lo più di alcune catene concentriche, una delle quali tuttavia domina le altre, e presenta una giogaja ineguale interrotta da stupende aguglie, che sorgono qua e là a grandissime altezze. Talvolta essa è interrotta da montagne più piccole disposte anch'esse in forma circolare.

XXV.

Fra le catene di monti circolari la più rimarchevole è quella chiamata Ticho. Essa è visibile ad occhio nudo sul disco della luna

quand'essa è piena, ma nelle fasi, a motivo di una moltitudine di altre ineguaglianze che allora divengono apparenti, essa può essere rimarcata solo da chi abbia perfetta conoscenza della sua posizione, e con un buon telescopio. L'area rinchiusa, che è assai prossimamente circolare, ha 47 miglia di diametro, e il lato interno della giogaja, che la circoscrive, è verticale come una muraglia. L'altezza della catena sopra il piano rinchiuso è di 16,000 piedi, e sopra la regione esterna di 12,000. Oltre alcune minori colline havvi in mezzo una montagna alta 4700 piedi.

Questa regione della luna è rappresentata dall' incisione posta a capo del presente articolo, copiata e ridotta dalla carta dei signori Beer e Mädler. Il carattere vulcanico osservato nella formazione delle montagne lunari perde assai della sua analogia col carattere di simili formazioni sopra la terra, quando con potenti mezzi d' ingrandimento si esaminino le forme di quegli apparenti crateri, e si confrontino le loro dimensioni coi crateri terrestri anche i più vasti. Ad illustrare quanto qui si dice possono addursi esempii numerosi. Ticho, che veduto con un moderato mezzo d' ingrandimento, pare che possieda in grado così eminente il carattere vulcanico è, come fu detto, una catena circolare rinchiudente un' area di 47 miglia di diametro. Gassendi, altro sistema dell'istessa forma e di dimensioni ancora maggiori, veduto con un potente mezzo d'ingrandimento consiste in due enormi catene circolari di monti, di cui la minore, che giace al nord, misura 16 miglia e mezzo in diametro, e la maggiore, che giace al sud, ne misura 60. L' area circoscritta dalla prima è dunque 214 miglia quadrate e quella della seconda 2827 miglia quadrate. L'altezza della catena minore è di circa 10,000 piedi, quella della maggiore varia dai 3500 ai 5000. La vasta area circoscritta dalla catena maggiore racchiude presso al centro un monte con otto cime, il quale si eleva 2,000 piedi, mentre sparse qua e là furono numerate oltre a cento altre montagne di men considerevole elevazione.

È facile ora il vedere quanto poca analogia presentino questi caratteri coi caratteri dei crateri terrestri.

XXVI.

Nell'opera di Beer e Mädler è data una tavola delle altezze di più di mille montagne, parecchie delle quali raggiungono l'elevazione di 23,000 piedi, eguale a quella delle più alte sommità delle montagne terrestri ; mentre il diametro della luna è poco più del quarto del diametro della terra.

XXVII.

Mediante il grande telescopio a riflessione di Lord Rosse, si scorge distintamente che il fondo piano del cratere chiamato Albategnius è cosparso di massi che non sono visibili con istrumenti meno potenti mentre la parte esterna dell'altro chiamato Aristillo è frastagliata da crepacci radianti dal centro.

XXVIII.

In fine il complessivo carattere geografico della luna constatato da osservazioni telescopiche lunghe ed esatte conduce alla conclusione che tra la luna e la terra non esiste alcuna analogia, che possa render probabile la congettura che nell' economia dell'universo quella sia destinata agli stessi scopi di questa; e noi possiamo inferirne, che quali che siano gli officj della luna nel sistema solare, e nell'ordine generale della creazione, essa non è un mondo abitato da specie organiche simili a quelle che trovano conveniente dimora sopra la terra.

Prof. G. Brusa.

GLI ECLISSI

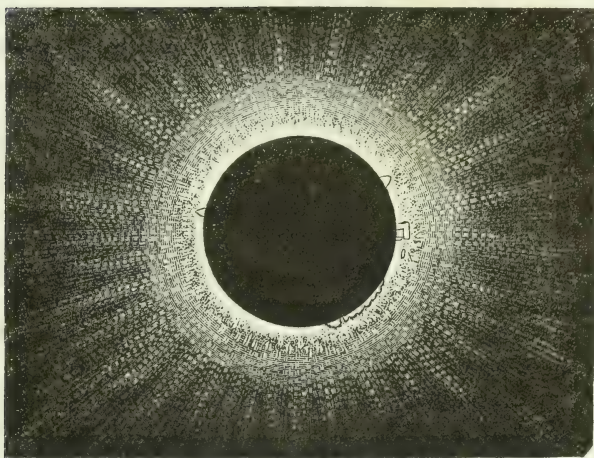



Fig. 13.

I. Reciproca interposizione degli oggetti celesti. — II. Loro oscuramento reciproco. — III. Eclissi, passaggi ed occultazioni. — IV. Eclisse solare. — V. Eclisse lunare. — VI. Passaggi d'un pianeta. — VII. Occultazione di una stella fissa. — VIII. Apparenza prodotta dal transito di un pianeta inferiore. — *Eclissi solari.* — IX. Effetti della grandezza relativa dei dischi del sole e della luna. — X. Condizioni che determinano gli eclissi. — XI. Condizioni nelle quali non avviene eclisse. — XII. Condizione del contatto esterno. — XIII. Condizione dell'eclisse parziale. — Determinazione della sua quantità. — XIV. Contatto interno. — XV. Eclisse annulare. — XVI. Eclisse totale. — XVII. Massima durata possibile di un eclisse totale. — XVIII. Condizione degli eclissi annulari. — XIX. Massima durata possibile degli eclissi annulari. — XX. Gli eclissi solari ponno avvenire solo in tempo di luna nuova o prossimamente ad esso. — XXI. Effetto della paralasse. — XXII. Dati che determinano le circostanze degli eclissi. — XXIII. Limiti dell'eclittica solare. — XXIV. Aneddoto di Colombo. — XXV. Fessure di Bayly. — XXVI. Queste apparenze sono prodotte dalle montagne lunari. — XXVII. Protuberanze a guisa di fiamme intorno al disco oscuro della luna. — XXVIII. Eclisse solare del 1851. — XXIX. Osservazioni dell'astronomo reale. — XXX. Osservazioni dei Sig. Dunkin ed Humphreys. — XXXI. Osservazioni del Sig. Gray. — XXXII. Osservazioni dei Sig. Stephenson ed Andrews e Friedrichsvaarn. — XXXIII. Osservazioni del Sig. Lassell alle Cascate di Trollhättan. — XXXIV. Osservazioni del Sig. Hind a Ravelsborg, presso Engelholm.

I.

Degli oggetti che in così sterminato numero sono disposti sul firmamento, tutti quelli che costituiscono il sistema solare, eccetto il sole stesso, sono in moto; e deve necessariamente accadere, che alcuni di essi venga occasionalmente ad assumere una posizione fra altri e l'occhio dell'osservatore situato sulla terra. — Quando succede un tale accidente il più vicino dei due intercetterà totalmente o parzialmente la vista del più lontano, — Se la grandezza apparente del più vicino è maggiore di quella del più lontano, una tale occultazione potrà esser totale, ma se è minore potrà solò esser parziale.

II.

Poichè tutti i corpi del sistema solare sono illuminati dal sole, e quando sono privati dalla luce del sole divengono oscuri e cessano d'esser visibili, così può anche accadere che alcuno dei corpi componenti il sistema si frapponga fra il sole ed un altro corpo in modo di privare quest'ultimo della luce che esso riceve da questo luminare. — In tal caso l'oggetto privato di luce diverrà totalmente o parzialmente invisibile, secondo la relativa grandezza dei due corpi, l'uno intercettante la luce e l'altro oscurato. —

III.

Queste combinazioni producono una classe di accidentali fenomeni astronomici, che presentano un profondo interesse scientifico e grandemente popolare. — La oscurità con cui alcuni di essi si presentano, la loro apparenza repentina ed inaspettata alla massa volgare, ed i fenomeni singolari che spesso li accompagnano colpiscono la mente popolare di venerazione e terrore. — Pell'astronomo, pel geografo, pel navigatore essi servono ad importanti usi fra cui tengono i posti principali la determinazione delle longitudini terrestri, la più esatta misura della distanza del sole dalla terra (che è il campione ed il modulo di tutte le distanze negli spazj celesti) ed in fine la scoperta della mobilità della luce e la misura della sua velocità.

I fenomeni risultanti da queste accidentalità di posizione e direzione sono variamente denominati eclissi, passaggi, occultazioni, secondo la relativa grandezza apparente dei corpi interposti ed osservati e secondo le circostanze che le accompagnano.

IV.

Quando il disco della luna passa fra un osservatore ed il disco del sole, esso intercetta in questo modo più o meno del secondo, e produce il fenomeno chiamato *eclisse solare*.

V.

Quando il globo terrestre si frappone tra la luna ed il sole esso intercetta la luce di quest'ultimo da una maggiore o minor parte del disco lunare, e produce il fenomeno chiamato *eclisse lunare*.

VI.

Quando un satellite di un pianeta passa in tale posizione che il globo del pianeta si interponga fra il satellite ed il sole, l'ultimo è eclissato.

VII.

Quando il disco della luna o di un pianeta passa fra l'occhio di un osservatore ed una stella fissa, la stella improvvisamente scompare ed il fenomeno è chiamato un'occultazione della stella.

VIII.

Quando un pianeta passa fra un osservatore ed il disco del sole si vede projettata su quest'ultimo una piccola macchia oscura circolare, ed in conseguenza del moto relativo del sole e del pianeta, questa macchia oscura si vede passare attraverso al disco solare da est ad ovest, producendo il fenomeno chiamato un passaggio del pianeta. Poichè durante un passaggio il pianeta deve essere fra il sole e la terra, e quindi più vicino al sole che non sia la terra, questo fenomeno può accadere solamente con un pianeta inferiore. Quindi i soli pianeti di cui ponno avvenir passaggi sono Venere e Mercurio.

IX.

I dischi del sole e della luna, quantunque prossimamente eguali, non lo sono così esattamente, essendo amendue soggetti a variazioni di grandezza confinati in certi ristretti limiti; e conseguentemente il

disco della luna è talvolta un po' maggiore, talvolta un po' minore di quello del sole. I loro centri si muovono nel firmamento in due circoli apparenti; quello del sole sull'eclittica, e quello della luna in un circolo inclinato all'eclittica del piccolo angolo di circa 5°. Questi circoli si intersecano in due punti opposti del firmamento chiamati i nodi della luna. In conseguenza della piccola obliquità dell'orbita lunare all'eclittica, la distanza fra queste orbite anche a considerevoli distanze dalle due parti dei nodi, è necessariamente piccola. Ora, poichè i centri dei dischi del sole e della luna devono ciascuno passare una volta in ogni rivoluzione per ciascun nodo succederà necessariamente di tempo in tempo che essi siano allo stesso istante allo stesso nodo o a qualche punto delle lore orbite rispettive così prossimo ad esso che la loro distanza apparente sia minore della somma dei loro semidiametri apparenti, o che avvenga totale o parziale interposizione, secondo la relativa grandezza dei loro dischi, e la distanza fra i punti delle loro rispettive orbite a cui si trovano simultaneamente i loro centri.

X.

Questo riescirà facilmente intelligibile. Sia A, fig. 1, il disco dell'oggetto eclissato ed *a* quello dell' oggetto interposto che lo eclissa. Finchè la distanza fra i centri dei due dischi è maggiore della somma dei loro semidiametri è evidente che l'un disco giacerà affatto fuori dell'altro, in modo di non intercettare la vista di alcuna parte di esso. Questo è apparente dall'ispezione della fig. 1.

XI.

Questo può esser facilmente spiegato così: Se R è il semidiametro di A ed *r* quello di *a* e D la distanza dei due centri, allora un disco giacerà affatto al di fuori dell'altro finchè D è maggiore di R + *r*.

Fig. 1 Fig. 2.

XII.

Se la distanza fra i centri è eguale alla somma dei due semidiametri, allora i due dischi si toccheranno, senza che l'uno intercetti alcuna parte dell'altro. Questo caso è visibile nella fig. 2, e breve-

mente si enuncia così: Se $D = R + r$, i due dischi si toccano senza sovrapporsi. Questa posizione dei dischi si chiama contatto esterno.

XIII.

Se la distanza fra i centri dei due dischi è minore della somma dei due semidiametri, allora necessariamente uno dei dischi si sovrapporrà all'altro ed avrà luogo un eclisse parziale. Questo caso si vede nella fig. 3. La larghezza della porzione del disco A oscurata da *a*

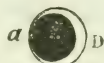



Fig. 3. Fig. 4.

è evidentemente eguale alla differenza fra la somma dei semidiametri dei due dischi e la distanza fra i loro centri, il che è brevemente espresso così: Se $R + r$ è maggiore di D, allora l'uno disco si sovrapporrà all'altro e la larghezza della parte intercetta sarà $R + r - D$.

XIV.

Se la distanza fra i centri dei due dischi è eguale alla differenza dei semidiametri, l'un disco giacerà entro l'altro, in giusto contatto, come si vede nella fig. 4. Questa posizione del disco si chiama quella del contatto interno, che quindi ha luogo, quando $D = R - r$.

XV.

Se la distanza fra i centri è minore della somma dei semidiametri, ma maggiore della loro differenza, allora avrà luogo una interposizione parziale, come si vede nella fig. 3. Se il disco interposto è minore del disco oscurato, e la distanza fra i loro centri minore della differenza fra i semidiametri, allora il disco frapposto giacerà entro al disco oscurato, lasciando un anello rotondo di superficie illuminata, non intercetta, come si vede nella fig. 5. Se, in questo caso, i centri dei due dischi coincidono, l'anello di luce sarà di uniforme larghezza.

Fig. 5. Fig. 6.

Questi fenomeni sono chiamati eclissi annulari, e quando i centri coincidono, si dicono centrali ed annulari.

XVI.

Se il disco interposto è maggiore di quello intercetto e nello stesso tempo la distanza fra i centri minore della differenza dei semidiametri, allora il disco interposto coprirà completamente l'altro, ed avrà luogo un eclisse totale, come si vede nella fig. 6. Se in questo caso i centri dei due dischi coincidono, l'eclisse si dice totale e centrale. Nel caso del sole e della luna le grandezze degli eclissi sono espresse in digiti. Se il diametro dell'oggetto eclissato, sia il sole o la luna, si suppone diviso in dodici parti, ognuna delle quali è chiamata un digito, l'eclisse si dice contare tanti digiti quante di tali parti sono contenute nella massima larghezza della parte oscurata, cioè nella differenza fra la somma dei semidiametri del sole e della luna e la distanza fra i loro centri. Per produrre un eclisse solare totale, è quindi necessario, 1° che l'apparente diametro della luna sia eguale o maggiore di quello del sole: e 2° che le apparenti posizioni dei loro centri si avvicinino l'un l'altro per una distanza non maggiore della differenza dei loro semidiametri apparenti. Quando queste condizioni sono adempite, e finchè esse continuano ad essere adempite, l'eclisse sarà totale.

XVII.

Il massimo valore del semidiametro apparente della luna essendo 1006″, ed il minimo valore di quello del sole essendo 945″, noi avremo per la differenza dei loro semidiametri 61″. Quindi, la massima durata possibile di un eclisse solare totale sarà il tempo necessario al centro della luna per guadagnare sopra quello del sole 61″. 2 = 122″. Ma poichè il medio movimento sinodico della luna avviene colla velocità di 30″ per minuto, ne segue che la durata di un eclisse solare totale non può mai eccedere quattro minuti.

XVIII.

Quando il diametro apparente della luna è minore di quello del sole, il suo disco non coprirà quello del sole, anche quando è concentrico con esso. — In questo caso, un anello di luce apparirà in-

torno all'oscuro disco della luna, la cui larghezza sarà eguale alla differenza dei semidiametri apparenti come è rappresentato nella fig. 5.

Quando i dischi non sono assolutamente concentrici, la distanza fra i loro centri, essendo però minore della differenza dei loro apparenti semidiametri, l'oscuro disco della luna sarà pure entro quello del sole ed apparirà circondato da un anello luminoso, ma in questo caso l'anello varierà in larghezza, la parte più sottile essendo al punto più vicino al centro della luna; e quando la distanza fra i centri è ridotta esattamente eguale alla differenza dei semidiametri apparenti, l'anello diventa un vero sottile crescente, gli estremi delle cui corna si uniscono come si vede nella fig. 4.

La massima larghezza del crescente sarà in questo caso eguale alla differenza dei diametri apparenti del sole e della luna.

Il massimo semidiametro apparente del sole essendo 16',18'' ed il minimo semidiametro apparente della luna essendo 14', 44'' la massima larghezza possibile dell'anello quando l'eclisse è centrale sarà

$$16',\ 18'' - 14'\ 44'' = 1'\ 34'' = 94''$$

che è circa la ventesima parte del medio diametro apparente del sole.

XIX.

Il massimo intervallo durante il quale l'eclisse può continuare annulare è il tempo necessario al centro della luna per muoversi sinodicamente per 94'' 2 = 188'', e poichè il medio movimento sinodico avviene colla velocità di 30'' per minuto, questo intervallo sarà circa

$$\frac{188}{30} = 6.\ 26 \text{ minuti, o circa sei minuti e un quarto.}$$

XX.

Gli eclissi solari ponno succedere solo a luna nuova o prossimamente ad essa. — Questo è evidente, poichè la condizione che limita la distanza apparente fra i centri dei dischi alla somma dei semidiametri apparenti, involge la conseguenza che questa distanza non può superare 30', e siccome la differenza delle longitudini deve esser sempre minore di questa, ne segue che l'eclisse può succedere solo ad una distanza minore di mezzo grado, ed entro due ore prima del momento della congiunzione.

XXI.

Poichè la direzione visuale dei centri dei dischi del sole e della luna variano più o meno colla posizione dell'osservatorio sulla su-

perficie della terra, così le condizioni che determinano l'avvenimento di un eclisse, il carattere e la grandezza, sono necessariamente diverse in diversi luoghi della terra. — Mentre in alcune stazioni nessuna delle condizioni è adempita, e non avviene alcun eclisse, in altre ha luogo un eclisse che varia da una stazione all'altra in grandezza, ed in alcune può esser totale mentre in altre è parziale.

Se il cambiamento di posizione dell' osservatore sulla superficie della terra influisse egualmente sulle direzioni visuali dei centri dei due dischi, come nel caso che essi fossero egualmente distanti, o press'a poco, non avverrebbe alcun cambiamento nella loro distanza apparente, ed in questo caso l'eclisse presenterebbe la stessa apparenza esattamente a tutti gli osservatori in ogni parte della terra. Ma il sole essendo circa 400 volte più distante della luna, la direzione visuale del centro del suo disco è affettata da ogni differenza di posizione degli osservatori, ad un grado 400 volte minore di quello del centro della luna.

XXII.

Le posizioni relative dei dischi del sole e della luna sul firmamento, i loro moti apparenti, e l' effetto prodotto sulle loro posizioni apparenti dalle variabili posizioni dell' osservatore sulla terra, essendo tutte note, le circostanze che determinano di minuto in minuto le distanze dei loro centri sono tutte note; ed il problema di determinare il principio dell'eclisse, o il momento in cui la distanza dei centri diviene eguale alla somma dei loro semidiametri apparenti; e la fine dell' eclisse o il momento in cui dopo aver diminuito e poi aumentato essa diventa di nuovo eguale alla somma dei loro semidiametri apparenti, materia di facile conto aritmetico, quantunque i dettagli pratici di tali processi non possano essere adattati ai lettori di questo Trattato.

XXIII.

L'orbita della luna essendo inclinata all'eclittica, di un angolo di 5°, e conseguentemente la distanza del centro della luna dall'eclittica variando in ogni mese da 6° a 5°, mentre la interposizione della luna fra una qualche parte della terra ed il sole, richiede che la distanza apparente dei loro centri non ecceda la somma dei loro semidiametri apparenti che non può mai sorpassare un mezzo grado.

è chiaro che non può mai succedere eclisse, tranne quando, all'epoca della congiunzione, la distanza apparente del centro della luna dall'e-clittica è fra questi limiti, condizione che può esser adempita solo entro certe piccole distanze dai nodi lunari.

Vi è una certa distanza del nodo lunare, oltre il quale un eclisse solare è impossibile, ed una certa distanza minore, entro cui questo fenomeno è inevitabile. Queste distanze si chiamano i limiti eclittici solari.

XXIV.

Si dice che Colombo si sia giovato delle sue cognizioni di astronomia pratica per predire un eclisse solare, ed usò di questa predizione come di un mezzo per mantenere la sua autorità sulla ciurma del vascello che presentava sintomi di ammutinamento.

Lo spettacolo offerto durante un eclisse totale è sempre molto imponente. L'oscurità è alle volte così intensa da rendere visibili i pianeti e le più brillanti stelle. — Un rispettivo abbassamento di temperatura nell'aria è sensibile. — I vegetali e gli animali si comportano come sogliono fare dopo il tramonto. — I fiori si chiudono, e gli uccelli vanno a posarsi. Cionulladimeno, l'oscurità è diversa dalla naturale oscurità notturna, ed è accompagnata da una certa indescrivibile luce non terrena, che diffonde sopra gli oggetti un chiarore languido, talvolta rossastro, e talvolta color verde cadaverico.

Furono pubblicate molte interessanti descrizioni dagli osservatori scientifici che furono così fortunati da assistere a tali fenomeni.

XXV.

Quando il disco della luna avanzandosi sopra quello del sole, ha ridotto quest'ultimo a un sottile crescente, fu osservato dal sig. Francesco Baily che immediatamente prima del principio o dopo la fine dell'oscuramento completo, il crescente appare come una benda di punti brillanti separati da spazj oscuri, in modo di dargli l'aspetto di una fila di brillanti grani. Questo fenomeno che fu poi frequentemente osservato, per ciò acquistò il nome di collana di Baily.

Ulteriori osservazioni mostrarono che prima della formazione della collana le corna del crescente sono alle volte interrotte da strisce nere tracciate sopra di esse.

Questi fenomeni sono grossolanamente tratteggiati nelle fig. 7 e 8

Le fig. 9, 10, 11, 12 sono tolte dagli schizzi originali del signor Baily, rappresentanti la progressiva scomparsa della collana dopo la fine dell'oscuramento completo.

Fig. 7.

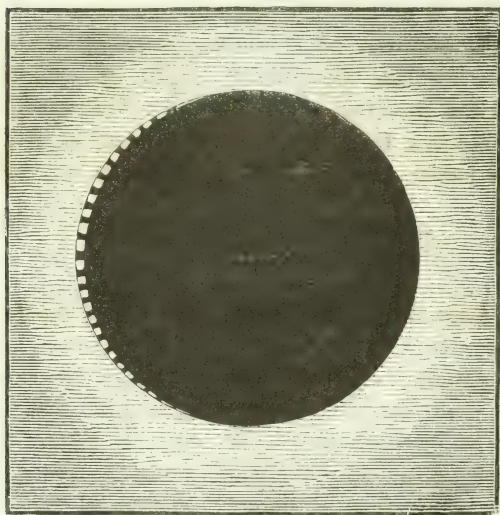
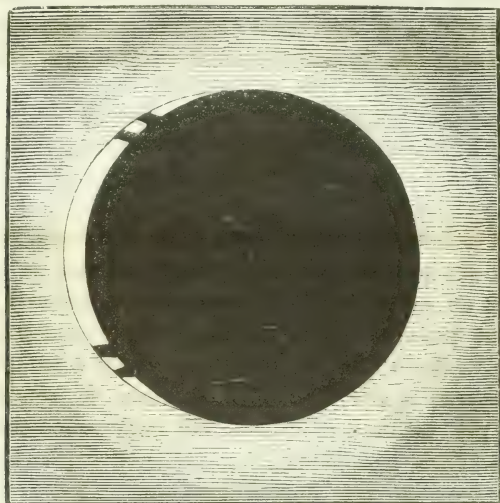



Fig. 8.

XXVI.

Questi fenomeni provengono dalle projezioni dell' orlo del disco della luna frastagliato da numerose ineguaglianze della superficie

che tanto si avvicina all'orlo esterno del disco solare, che i punti delle projezioni si estendono a quest' ultimo, mentre gli spazj intermedj rimangono scoperti. Questo può essere illustrato con qualche proprietà sovrapponendo la lama di una sega circolare, con denti molto fini, ad un circolo bianco di diametro pressochè eguale sopra un fondo oscuro. Le parti bianche fra i denti appariranno come una collana di bianche perle.

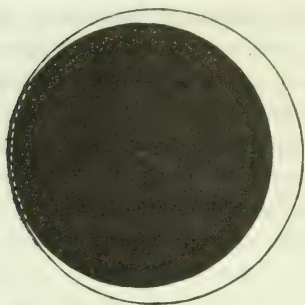
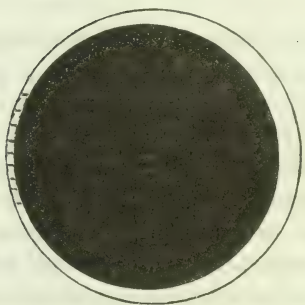
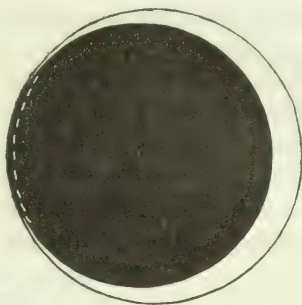
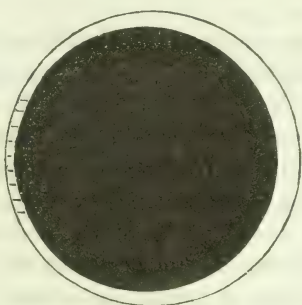



Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.

XXVII.

Immediatamente dopo il principio dell'oscuramento totale, si vedono sporgere dall'orlo del disco lunare rosse protuberanze somiglianti a fiamme.

Queste sembianze, che furono notate per la prima volta da Vassenio in occasione del totale eclisse che fu visibile a Göttenberg al 3 Maggio 1733, essendo state osservate di nuovo in occasione di ogni totale

eclisse solare che avvenne dopo d'allora, costituiscono uno dei più curiosi ed interessanti effetti relativi a questa classe di fenomeni.

XXVIII.

Il 28 luglio 1851 ebbe luogo un totale eclisse di sole che divenne soggetto di sistematica osservazione per parte dei più eminenti astronomi del secolo. — Un numero considerevole di osservatori Inglesi, ajutati da varj forastieri, si distribuirono in gruppi a differenti stazioni lungo il cammino dell'ombra, in modo di diminuire le probabilità degli impedimenti che potevano nascere da sfavorevoli condizioni dell'atmosfera. — I rapporti e gli schizzi di questi varii osservatori, furono raccolti dalla Reale Società Astronomica e pubblicati sulle loro transazioni.

L'Astronomo Reale con due assistenti i Sig. Dunkin ed Humphreys autorizzati dal Consiglio dell'Ammiragliato, scelsero certe parti della Svezia e Danimarca come le più favorevoli stazioni. Il Professore Airy osservò a Göttenberg, il Sig. Dunkin a Cristiania ed il Sig. Humphreis, assistito dal Sig. Miland, a Christianstad.

XXIX.

Il tempo in complesso fu favorevole a Göttenberg. — Noi prendiamo dal rapporto dell'Astronomo Reale i seguenti interessantissimi particolari del progresso del fenomeno. « L'approssimarsi della totalità fu accompagnato da quella apparenza indescrivibilmente misteriosa e triste di tutto il circonvicino prospetto, che io aveva già veduto in altra occasione. — Una pezza di cielo azzurro divenne porpora oscura mentre stava guardandola. Io levai la lente più forte e ne misi un'altra che ingrandisce circa 34 volte. Con questa io vidi perfettamente bene i monti della luna. — Io spiai attentamente l'avvicinarsi del lembo della luna al lembo del sole, che la mia lente nera graduata mi permise di veder con gran perfezione: io vidi ambo i lembi perfettamente bene definiti in fine, e vidi la linea diventar più stretta e le punte diventar più acute senza alcun scontorcimento o prolungamento dei lembi. — Io vidi il dentato lembo della luna avanzarsi in quello del sole, e la luce del sole trasparire nelle cavità fra le cime dei monti, e vidi queste lucenti cime estinguersi l'una dopo l'altra in successione estremamente rapida, ma senza alcuna delle apparenze descritte dal Sig. Baily. Io vidi il sole coperto ed immediatamente levando la lente nera, istantaneamente vidi le apparenze rappresentate in *a*, *b*, *c*, *d*, (fig. 13. p. 63).

« Prima di scendere a più minuti dettagli intorno a ciò, io devo far cenno dell'oscuramento. — Io non ho mezzo di assicurare se l'oscurità era realmente maggiore nell'eclisse del 1842; io sono inclinato a pensare che nella meravigliosa e direi quasi spaventosa oscurità, io vidi le colline di granito bigio in vista di Hvaläs più distintamente del più oscuro paese che circonda Superga. — Ma sia perchè nel 1851 il cielo fosse molto meno annuvolato che nel 1842 (cosicchè la trasmissione avveniva da un più luminoso stato di cielo ad una oscurità quasi eguale nei due casi) sia per qualunque altra causa, la subitezza dell' oscurità nel 1851 mi apparve molto più sorprendente che non nel 1842. I miei amici che erano sopra una rupe superiore, la cui strada era buonissima, provarono grande difficoltà a discendere. — Una candela essendo stata accesa in una lanterna circa un quarto d'ora prima della totalità, il Sig. Haselgren fu incapace a legger i minuti della mostra del cronometro, senza aver portato la lanterna presso al cronometro.

« La corona era molto più larga di quella che io vidi nel 1842; parlando all'ingrosso, la sua lunghezza era però meno del diametro della luna, ma il suo contorno era irregolarissimo. Io non rimarcai verun raggio dardeggiante da esso che meritasse menzione come più brillante degli altri; ma il tutto era splendente, raggiato nella struttura e terminato (quantunque molto indefinitamente) in modo che mi ricordò l'ornamento collocato intorno al compasso del marinajo. — Il suo colore era bianco o somigliante a quello di Venere. — Io non vidi alcuna incertezza o instabilità di luce. — Essa non era separata dalla luna da alcun anello oscuro, nè essa aveva struttura annulare; essa sembrava una nube luminosa raggiante dietro la luna.

« La forma delle prominenze era molto rimarchevole. — Il colore di quella segnata *a* per due terzi almeno della sua larghezza dalla convessità verso la concavità era rosso-lacca, il resto era quasi bianco. — La parte più brillante di essa era il rigonfiamento più lontano dal lembo della luna; questo fu veduto distintamente dai miei amici e da me stesso ad occhio nudo. Io non misurai la sua altezza; ma giudicando generalmente dalla sua proporzione al diametro della luna, esso può esser stato di 3'. Questa misura però appartiene ad un posteriore periodo dell'eclisse. — La prominenza *b* era un pallido semicircolo bianco basato sul lembo della luna. — Quella segnata *c* era una nube rossa staccata, o ballone di forma pressochè circolare, separata dal lembo della luna da uno spazio (per nulla differente dal resto della corona) della sua larghezza circa. Quella segnata *d* era

un piccolo monte rosso triangolare o conico, forse un po' più bianco nell' interno. — Queste erano le apparenze vedute immediatamente dopo la totalità.

« Io mi adoperai nel tentar di delineare all' ingrosso le apparenze nel lembo occidentale, diedi una rapida veduta al paese; poi esaminai la luna di nuovo. — Io credo (ma non lo constatai accuratamente) che le prominenze *a b c* abbiano aumentato d'altezza; ma *d* ove era scomparve, e ne era sorta una nuova *e*. — Era impossibile veder questi cambiamenti senza sentir la convinzione che le prominenze appartenessero al sole e non alla luna.

« Di nuovo io guardava intorno, quando io vidi una scena di inaspettata bellezza. — La parte meridionale del cielo, come fu detto, era coperta di un uniforme lembo bianco; ma nella parte settentrionale vi erano delle nubi staccate sopra un fondo di cielo chiaro. Questo chiaro cielo ora era fortemente illuminato, all' altezza di 30° o 35° e per 90° circa d' azimuth con una luce rosea splendente fra gl'intervalli delle nubi. Io mi posi al telescopio colla speranza di poter fare l'osservazione della polarizzazione (che siccome il mio apparato era pronto si sarebbe potuta fare in due secondi) quando io vidi che la sierra o tortuosa linea di projezioni che si vede in *f* era sorta. — Questa sierra era più brillante delle altre prominenze, ed il suo colore era quasi scarlatto. — Le altre prominenze avevano forse aumentato in altezza, ma non ne era sorta nessuna di nuova. Le apparenze di questa sierra, vicino al luogo dov'io aspettavo l'apparir del sole, mi avvertì che non doveva ora tentar altra osservazione fisica. — In poco tempo il bianco sole proruppe e la corona ed ogni prominenza svanirono.

« Io mi ritirai dal telescopio e guardai intorno. — La campagna pareva che mal volontieri ricuperasse la sua solita allegria quantunque il facesse rapidamente. — Il mio occhio però fu attirato da un oscuro al sud-est, ed immediatamente rilevai che era l'ombra dell' eclisse nell' aria che camminava nella direzione dell' ombra. Per sei secondi almeno quest'ombra rimase visibile, molto più chiara all'occhio di quel che io aveva premesso. »

XXX.

In conseguenza dello stato sfavorevole dell' atmosfera, le osservazioni degli altri membri dell'ammiragliato non furono così soddisfacenti come quelle del suo capo. Ciò nulladimeno, ambedue gli osservatori videro le stesse prominenze, quantunque imperfettamente, in confronto

dei risultati delle osservazioni dell' Astronomo Reale. La collana di Baily fu veduta dal signor Dunkin, tanto bene prima che dopo l'oscuramento totale. La sua apparenza era d'intenso splendore, paragonata dall'osservatore ad una collana di diamanti. Il suo effetto nell'osservatore fu « affatto imponente » non essendo preparato per una vista così magnifica.

A Christianstad, i pianeti Venere, Mercurio e Giove e le stelle Arturo e Vega, furon visibili durante la totalità dell'eclisse.

XXXI.

Il signor W. Gray, stazionato a Tune presso Sarpsborg, la vide tanto prima che dopo l' oscuramento totale. — Egli vide quattro delle projezioni rosse, tre delle quali sono rappresentate nella fig. 14, la quarta somigliante nella forma a *c* e *d* ed in posizione diametralmente opposta ad *a* sul lembo della luna. Durante la totalità, la luce somigliava quella di una sera d'agosto ad un' ora e mezza dopo il tramonto.

XXXII.

I signori Stephenson ed Andrews a Fredrichsvaarn videro la collana di Baily tanto prima che dopo il totale oscuramento. Il crescente

fig. 14.

fig. 15.

prima di scomparire fu veduto come un sottile tratto di luce, che si divise in frammenti e quando egli ricomparve, esso diede l'idea di globuli di mercurio sparsi lungo l'orlo della luna. — In un secondo o due dopo la comparsa del crescente s'innalzò dal lembo della luna una fiamma di color rosso che nella forma somigliava una falciuola (vedi fig. 15). — Essa aumentò rapidamente, e poi sorsero due altre prominenze di color rosso sopra e sotto di essa, differenti nella forma

ma evidentemente dello stesso carattere. — Oltre di ciò, vi era tanto fra queste che altrove, intorno all'orlo della luna, altri punti squallidi ed altre linee indistinte. — L'altezza della prominenza principale fu stimata al ventesimo circa del diametro della luna ossia circa 1 $^{1}/_{2}'$. — Le principali prominenze sembravano vulcani ardenti, e gli squallidi punti e la linea richiamavano all'osservatore i lenti fiumi di fredda lava.

XXXIII.

Il signor Lassel, alle cascate di Trollhättan, avendo sentito descrivere le rosse prominenze vedute nell'antecedente eclisse totale come languide apparenze, vide con meraviglia intorno al disco oscuro della luna, dopo il principio dell' oscuramento totale, prominenze del più brillante color di lacca, perfettamente definito e tagliente (fig. 16). Queste gli sembrarono non essere assolutamente ferme. L' osservatore giudicò dalla loro apparenza che esse appartenevano al sole e non alla luna.

Fig. 16.

XXXIV.

Il Signor Hind a Ravelsborg, presso Engelholm, vide la collana tanto prima che dopo l'oscuramento totale, in modo tale da non lasciar dubbio che la loro causa non sia quella già spiegata. In cinque secondi dopo il principio dell' oscuramento totale, si vide la corona o gloria intorno al disco della luna. Il suo colore parea quello dell' argento, più lucido verso il lembo della luna, che va gradatamente illanguidendo ad una distanza eguale ad un terzo del suo diametro, dove esso si confonde colla tinta generale del cielo. Sono menzionate apparenze di radiazione, simili a quelle descritte dal professore Airy.

Alla prima vista del sole, dice il signor Hind, senza la lente nera dopo il principio della totalità, immediatamente le rosee prominenze colpirono il mio occhio, ed altre si videro alcuni secondi più tardi (fig. 17). La più larga e più rimarchevole di esse era situata circa 5° al nord del parallelo di declinazione, nel limite occidentale della luna; essa era diritta per due terzi della sua lunghezza, ma curvata come una sciabola presso l'estremità, l'orlo con-

cavo essendo verso l'orizzonte. Gli orli erano di un roseo frastaglio, la parte centrale più piana quantunque ancora frastagliata.

« Venti secondi, circa, dopo la scomparsa del sole, io stimai la sua lunghezza a 45″ dell'arco, e spiandolo attentamente verso la fine della totalità, io lo vidi materialmente allungato (probabilmente a 2′) la luna avendo apparentemente lasciato sempre più della sua visibilità mentre essa passava sul sole. — Essa era sempre curva, ed io non rimarcai alcun cambiamento di forma, non il più piccolo movimento durante il tempo in cui il sole si stette nascosto. Io vidi questa straordinaria prominenza, *quattro secondi dopo la fine della totalità,* ma a questo momento pareva staccata dal lembo del sole, la bianchissima luce della corona intervenendo fra il lembo e la base della prominenza.

Circa 10° al sud dell'oggetto superiore, io vidi, durante la totalità, una macchia triangolare staccata dello stesso color roseo, come se fosse sospesa nella luce della corona che gradatamente scendeva dall' oscuro lembo della luna, mentre essa si avanzava ed era quindi chiaramente unita al sole. La sua forma e posizione in riguardo alla larga prominenza continuò a mantenersi esattamente la stessa per tutto il tempo in cui fu osservata. Sul lembo meridionale della luna apparve una lunga fila di fiamme colorate in roseo, che sembravano affette da un moto tremulo, quantunque non in grande estensione.

« Lo splendore rosso delle cime di queste projezioni gradatamente impallidiva verso le basi, e lungo il lembo della luna appariva una stretta linea lucente di un'oscura tinta violacea; non lungi dall'estremità occidentale di questa fila di fiamme rosse v'era una prominenza isolata, dell'altezza di 40″ circa, ed un' altra di simile grandezza e forma, ad un angolo di 145° dal nord verso l'est; la luna era decisamente rosso-porpora al principio della totalità, ma la tinta rossa scomparve prima della fine ed il disco assunse un leggiero color porpora. Un chiaro splendore simile a quello del crepuscolo, indicava la posizione dove il sole stava per emergere, e tre o quattro secondi dopo la collana si formò di nuovo, questa volta istantaneamente ma meno ricca e perfino più irregolare di prima. — Cinque secondi dopo il sole ricomparve come un bellissimo crescente dopo la repentina estinzione della collana.

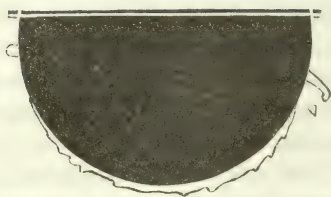
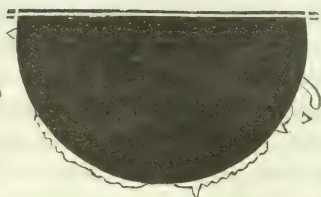



Fig. 17. Fig. 18.

Capitolo secondo.

XXXV. Osservazioni del Sig. Dawes presso Engelholm. — XXXVI. Effetti dell'oscuramento totale sugli oggetti e la scena circostante. — XXXVII. Evidenza di un'atmosfera solare. — XXXVIII. Cause probabili delle emanazioni rosse negli eclissi solari. Eclissi lunari. — XXXIX. Ombra conica della terra. — XL. La sua sezione può esser risguardata come un disco oscuro moventesi nel firmamento. — XLI. Condizioni che determinano gli eclissi lunari. — XLII. Limiti eclittici lunari. — XLIII. Massima durata degli eclissi totali di luna. — LXIV. Effetti della penombra terrestre. — XLV. Effetti della rifrazione dell'atmosfera terrestre nell'eclisse totale di luna. — XLVI. Disco lunare visibile durante l'oscuramento totale.

XXXV.

Il sig. Dawes presso Engelholm osservò la collana e trovò tutte le circostanze relative alle sue apparenze, tali da non lasciar dubbio alla verità della causa generalmente assegnatale. — Egli osservò la corona, pochi secondi dopo il principio della totalità, e stimò la sua massima larghezza alla metà del diametro della luna, la lucentezza essendo maggiore presso il lembo della luna, e decrescendo gradatamente al di fuori. — I fenomeni delle protuberanze rosse, asserite dal sig. Dawes, sono descritti così chiaramente e soddisfacentemente da lui, che noi crediamo meglio presentarne la descrizione colle sue proprie parole:

« In tutto il quadrante da nord ad est, non eravi alcuna protuberanza visibile, la corona essendo uniforme ed ininterrotta. — Fra i punti est e nord e ad un angolo di circa 170° dal punto nord, appariva una larga prominenza rossa di una regolarissima forma conica — fig. 18. — Appena veduta, essa poteva esser circa 1 $^1/_2$ d'altezza dall'orlo della luna, ma la sua larghezza diminuiva mentre la luna avanzava.

« La posizione di questa protuberanza può esser erronea d'alcuni gradi, essendo stata notata più in fretta delle altre. — Essa era di color rosso oscuro e più pallida presso il mezzo che ai lembi.

« Procedendo verso sud, circa a 145° dal punto nord, cominciava una bassa giogaja di prominenze rosse, rassomiglianti nel contorno alle cime di una fila molto irregolare di colline. — Le più alte di esse probabilmente non eccedevano 40''. Questa giogaja si estendeva per 50° o 55°, e quindi giungeva a circa 197° dal punto nord, la sua base essendo dappertutto formata dallo scabroso orlo della luna. — Le irregolarità alla cima del giogo sembrano permanenti, ma esse certamente sembrano oscillare da occidente verso oriente; probabilmente un fenomeno atmosferico, come il vento che era ad occidente.

« A circa 220° cominciava un'altra bassa giogaja dello stesso carattere, ed estendentesi a circa 250°, meno elevata delle altre, ed anche meno irregolare nel contorno, eccetto quella a circa 225°: una protuberanza rossa rimarchevolissima, dell'altezza di 1 ½' o più. — La tinta della bassa catena era piuttosto pallida; il colore della prominenza più elevata era decisamente più oscura, ed il suo splendore molto più vivido. — Nella forma esso somigliava un dente d'un cane, la parte convessa essendo verso il nord, e la concava verso il sud. — La cima era alquanto acuta. — Questa protuberanza e la bassa catena unita ad essa, furono osservate e misurate verso la fine della totalità.

« A circa 255° fu notata una piccola prominenza a doppia punta, ed un'altra bassa con una larga base, a circa 263°. Ve ne sono anche di colorate in rosso, ma più pallide che quella larga a 225°.

« Quasi procedendo direttamente o a 270° appariva un corpo triangolare senza punta, color roseo, e quasi sospeso nella corona. — Esso era separato dall'orlo della luna a prima vista, e la separazione cresceva coll'avanzarsi della luna. — Esso aveva l'apparenza di una larga protuberanza conica, la cui base fosse nascosta da qualche leggera ed indefinita sostanza, come la parte superiore di una montagna conica, la cui porzione più bassa fosse oscurata da nubi e densa nebbia. — Io credo che la cima di questo oggetto dovesse essere alta almeno 1' dal lembo della luna quando si è incominciato a vedere e più che 1 ½' verso la fine dell'oscuramento totale. — Il suo colore era roseo, e mi parve più pallido nel mezzo.

« Al nord di esso, a circa 280° o 285°, appariva il più meraviglioso fenomeno. — Una protuberanza rossa, di vivida lucentezza ed oscurissima tinta, sorse ad un'altezza di forse 1 ½' quando fu vista dapprincipio, ed aumentò in lunghezza fino a 2' e più come il pro-

gresso della luna la scopriva più completamente. — Di figura, essa somigliava alquanto ad una scimitarra turca, il filo settentrionale essendo convesso ed il meridionale concavo. — Veduta nel telescopio verso il vertice essa piegava repentinamente al sud o in alto. — Il suo lembo settentrionale era ben definito e di un colore più oscuro del resto, specialmente verso la base. — Io lo chiamerei un vivo carmino. — Il lembo meridionale era definito meno distintamente, e decisamente più pallido. — Essa mi fece l'impressione di una protuberanza conica, nascosta in parte sul fianco meridionale da qualche sostanza di carattere leggero e fioccoso. — La cima di questa protuberanza era più pallida della base, e di una tinta purpurea, e certamente aveva qualche movimento. La sua base, fu dal principio alla fine acutamente confinata dall'orlo della luna. — A mio grande attonimento questo meraviglioso oggetto continuò ad esser visibile, per quanto io potei giudicarne approssimativamente, circa cinque secondi dopo che il sole incominciò a ricomparire, il che avvenne alcuni gradi al sud della situazione occupata da esso nella circonferenza della luna. — Questa poi rapidamente illanguidì, ma non svanì sull'istante.

« Da questa straordinaria grandezza, forma curiosa, colore oscuro, e vivida lucentezza, questa protuberanza assorbì in molta parte la mia attenzione; ed io sono quindi incapace di stabilire precisamente quali cambiamenti avvennero negli altri fenomeni verso la fine dell'oscuramento totale. — L'arco da circa 283° al punto nord, era interamente libero di prominenze ed anche da ogni tinta rossa. »

XXXVI.

Quantunque le diverse partite di osservatori sparse nel cammino dell'ombra della luna non siano state egualmente fortunate nell'avere un cielo chiaro e senza nubi, esse poterono però tutte osservare e ricordare gli effetti dell'oscuramento totale sugli oggetti e sul paese circostante. — Il Dott. Robertson di Edimburgo, il Dott. Robinson di Armagh ed alcuni altri assistirono all'eclisse da un'isola presso alle coste della Norvegia a 61°, 21′ di latitudine in un punto dell'asse del cammino dell'ombra. — I fenomeni precursori corrisposero a quelli descritti dagli altri osservatori. — Però, l'atmosfera era oscurata da nubi che sembravano precipitarsi a torrenti dal posto del sole. — Gli uccelli di nuovo si portarono negli scogli ai loro ordinarj luoghi di posizione e d'asilo. — L'oscurità al momento dell'oscuramento totale fu repentina ma non assoluta poichè le nubi aveano

lasciato una striscia aperta in cielo, che assunse uno squallido colore arancio oscuro, che in un'altra direzione volgeva ad un colore verdastro, e gettava sulla persona e sugli oggetti una languida luce non terrestre. — Lampade e candele, viste a cinquanta o sessanta metri di distanza erano visibili come in piena notte ed il rossastro della loro luce presentava un contrasto singolare colla generale tinta verde di ogni cosa intorno ad esse. « L'aspetto del paese, dice il Dott. Robertson, veduto attraverso le squallide aperture sotto le nubi era molto spaventoso. — Le distanti cime dei monti Tostedal e Dorieffeld si vedevano ancora illuminate dal sole, mentre noi eravamo nella più profonda oscurità. Prima non abbiamo mai osservato tutte le luci del cielo e della terra così interamente confinate ad una stretta lista dell'orizzonte, non mai questa particolare tinta verdastra, e non mai questa apparenza di oscurità esterna nel luogo dell'osservazione, e l'eccessiva distanza dell'estremo orizzonte cagionata in questo caso dalle colline tanto più illuminate da un sole sempre meno eclissato quanto più erano lontane. »

Il Sig. Hind dice che durante l'oscuramento l'intero paese era oppresso d'una tristezza non naturale; le persone intorno a lui prendevano un aspetto cadaverico non terrestre; il lontano mare appariva di uno squallido rosso, il cielo meridionale aveva una fosca tinta porpora, il posto del sole essendo indicato solamente dalla corona; il cielo settentrionale aveva un'intensa tinta violacea e sembrava vicinissimo. All'est ed all'ovest del meridiano settentrionale, si vedevano liste di luce di un colore giallo chermisì, che gradatamente si estingueva nello strano purpureo del cielo a maggiori altezze, producendo un effetto che non potrà mai cancellarsi dalla memoria, quantunque nessuna descrizione possa dar una giusta idea della sua solenne magnificenza.

In alcune stazioni in Prussia, dove il cielo era libero di nubi durante l'oscuramento totale, divennero visibili un gran numero di stelle, non che i pianeti Giove, Venere, e Mercurio. Alcune piante in fiore si osservarono chiudere i loro calici, gli uccelli che prima svolazzavano scomparvero, e gli uccelli domestici andarono a posarsi.

XXXVII.

Alcuni fenomeni che accompagnano gli eclissi totali di sole, rendono evidente l'esistenza di un'atmosfera solare che si estende ad immensa altezza sopra la luminosa scorza del sole.

La corona, o gloria intorno all'oscuro disco della luna dove essa copre il sole, si osserva essere concentrica colla luna solo al mo-

mento in cui quest' ultima è concentrica col sole. In altre posizioni del disco lunare, essa sembra concentrica col sole. Questo sarebbe l'effetto prodotto da un' atmosfera solare non luminosa che debolmente riflettesse la luce del sole.

XXXVIII.

Par che sia generalmente acconsentito dagli astronomi che le emanazioni rosse suddescritte sono solari e non lunari. Se esse si ammettono essere solari, è appena possibile di immaginarle di materia solida ad onta della costanza apparente della loro forma, nel breve intervallo in cui sono visibili ad un tempo, poichè l'intera durata della loro visibilità non fu mai nemmeno di quattro minuti. Per ammettere la possibilità che esse siano montagne solari emergenti al di fuori dell'atmosfera luminosa che circonda il sole, ed elevate nell' atmosfera esterna e non luminosa formante la corona all'altezza successiva, per ispiegar la loro apparenza, noi dovremmo supporre la loro altezza ammontare circa alla ventesima parte del diametro del sole, cioè 44,000 miglia.

Il fatto quindi che esse sono materie gasose e non solide pare stabilito definitivamente dalla loro enorme grandezza, dalla grande altezza sopra la superficie del sole a cui esse sono collocate, il loro debole grado di illuminazione, e le circostanze d'essere talvolta staccate alla loro base dal lembo visibile del sole. Queste circostanze rendono probabile che queste rimarchevoli apparenze siano prodotte da nebbiose masse di estrema tenuità, sostenute e probabilmente prodotte in un involucro sferico di materia gasosa non luminosa, che circonda e si solleva ad una grande altezza sulla superficie luminosa del sole.

ECLISSI LUNARI.

XXXIX.

Muovendosi la terra nella sua orbita intorno al sole essa projetta dietro a sè un'ombra conica, il cui asse è sempre diretto a quel punto del cielo che è in immediata opposizione al centro del sole. — Nella fig. 19 si vede una sezione del sole *s*, della terra *e*, e dell'ombra conica, fatta da un piano passante pei centri del sole e della terra.

È evidente che ogni qual volta il globo della luna o almeno parte di essa entra nei limiti dell'ombra conica *a f a'*, esso sarà privato della luce solare, e sarà conseguentemente eclissato; quindi le circostanze che determinano gli eclissi lunari dipenderanno dalla sezione trasversale dell'ombra alla distanza della luna dalla terra, questa distanza essendo circa un terzo della lunghezza totale dell'ombra conica.

Fu trovato col calcolo che il suo massimo diametro apparente veduto dalla terra è 45', 43'' ed il minimo 37', 49''. — La sua grandezza media è quindi 41', 45''.

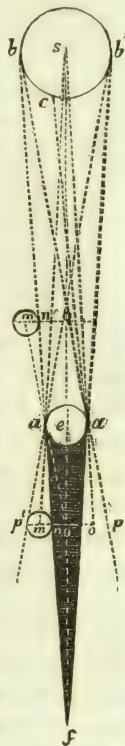
XL.

La sezione dell'ombra può quindi esser riguardata come un disco oscuro, il cui semidiametro apparente varia fra 37', 49'' e 45', 42'' e il vero posto del cui centro è un punto dell' eclittica 180° indietro del centro del sole. — Un eclisse lunare si produce colla sovrapposizione parziale o totale di questo disco sopra quello della luna, e le circostanze e le condizioni che determinano un tale eclisse dipendono dai principj già spiegati.

XLI.

Colle tavole solari, si può conoscere d'ora in ora la posizione apparente del centro del sole, e se ne può quindi inferire la posizione del centro dalla sezione dell' ombra. — Essendo in simile guisa determinata la posizione del centro della luna dalle tavole lunari, la distanza fra i centri della sezione dell' ombra e del disco della luna può esser stabilita.

Fig. 19.

La grandezza dell'eclisse è misurata dalla differenza fra la somma dei semidiametri e la distanza dei centri.

XLII.

Perchè un eclisse di luna possa avvenire, è necessario che la luna quando è in opposizione si avvicini all' eclittica per una distanza minore della somma dei semidiametri apparenti della luna e della sezione dell'ombra.

Un eclisse totale non può aver luogo, quando la distanza del nodo all'opposizione è maggiore di 5°, 44', 21'' e deve succedere quando

è minore di 3°, 45', 5''. — Fra questi limiti può o non può accadere secondo la grandezza della paralasse ed i diametri apparenti.

XLIII.

La durata di un eclisse totale dipende dalla distanza a cui il centro del disco della luna si muove relativamente all'ombra mentre passa dal primo al secondo contatto interno. — Essa può variare da 0 al doppio della massima distanza possibile dal centro della luna al centro dell'ombra, all'istante del contatto interno.

XLIV.

Molto tempo prima che la luna entri fra i lati del cono dell'ombra essa entra nella penombra, ed è parzialmente privata della luce del sole, in modo da render l'illuminazione della sua superficie sensibilmente più debole. — Quando una volta essa passa entro la retta *a' p'*, fig. 19, formante il limite esterno della penombra, essa cessa di ricevere luce da quella parte del sole che è presso il lembo *b*. Avvicinandosi sempre più ad *a' f*, contorno della vera ombra, una maggior parte de' raggi solari sono intercetti dalla terra; e mentre essa si avvicina all'orlo essa è illuminata solamente da un sottile crescente del sole, visibile dalla luna sull'orlo della terra in *a'*. Da ciò si può dedurre che l'oscuramento della luna è così estremamente graduato che sarebbe impossibile di scorgere delimitazione d'ombra e penombra. — Nondimeno tale è lo splendore della luce solare che il più sottile crescente di sole, a cui si trovi esposta la parte della superficie lunare presso il lembo dell'ombra terrestre, produce un grado di illuminazione che contrasta così fortemente coll'ombra da rendere il limite di essa così distinto che il fenomeno presenta una delle più sorprendenti evidenze della rotondità della terra, la forma dell'ombra essendo precisamente quella che una sfera projetterebbe sopra di un'altra.

XLV.

Se la terra non fosse circondata d'un'atmosfera capace di rifrangere la luce del sole, il disco della luna sarebbe assolutamente invisibile, dopo essere entrato fra i lembi dell'ombra. — Però, per la stessa ragione per cui noi continuiamo a vedere il disco del sole, ed a ricevere i suoi raggi dopo che esso è realmente disceso sotto all'oriz-

zonte, un osservatore situato nella luna, e quindi la superficie stessa della luna, continuerà a ricevere i raggi del sole dopo la frapposizione dell'orlo del disco terrestre veduto dalla luna. — Questa luce rifratta, cadendo sulla luna dopo che essa è entrata nei limiti dell'ombra, produce sopra di essa un'illuminazione particolare, corrispondente in debolezza e colorito ai raggi così trasmessi attraverso all' atmosfera terrestre. — Per render questo più chiaro, rappresenti $e\ e'$ un diametro della terra (fig. 20) ad angolo retto coll' asse $c\ f$ dell' ombra, e rappresenti $a\ a'$ il limite dell'atmosfera. — Sia $s\ e\ f$ il raggio che emana dall' orlo del sole e forma quindi il limite dell' ombra considerato senza riguardo all'atmosfera. Ma i raggi solari passando attraverso l' involucro convesso d'aria tra a' ed e sono deviati come lo sarebbero da una lente convessa, composta di un mezzo trasparente e rifrangente, e sono quindi resi convergenti, in modo che il raggio $d\ e$ invece di passare direttamente ad m si piegherà ingiù verso m' mentre il raggio che realmente passa da e ad f va nella direzione $s'\ e$ e quindi da un punto entro il disco del sole. — Il disco della luna, quindi, o qualunque punto di esso entro l' angolo $m\ e\ m'$, riceverà questa luce rifratta e sarà illuminato da essa in relazione col suo colore ed intensità.

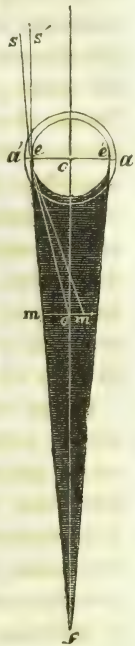



Fig. 20.

L' inflessione che soffre un raggio solare nel passare attraverso l'atmosfera verso e' dalla parte del sole, è eguale alla rifrazione orizzontale, e siccome secondo i principj d' ottica esso soffre un' egual rifrazione passando dall'altra parte, così la inflessione totale che è misurata dall' angolo $m\ e\ m'$, è doppia della rifrazione orizzontale. — Ma il valore medio della rifrazione orizzontale, essendo 33', il valore medio dell'angolo $m\ e\ m'$ sarà 66'. Ma poichè il massimo valore di $m\ e\ o$ è 45', 42" ne segue che il raggio rifratto $e\ m'$ cadrà sulla sezione dell'ombra in un punto al di là del suo centro; e poichè lo stesso avverrà per tutti i punti intorno all'ombra, ne segue che l'intera sezione sarà più o meno illuminata dalla luce così rifratta: l'intensità di questa illuminazione aumenta dal centro al contorno.

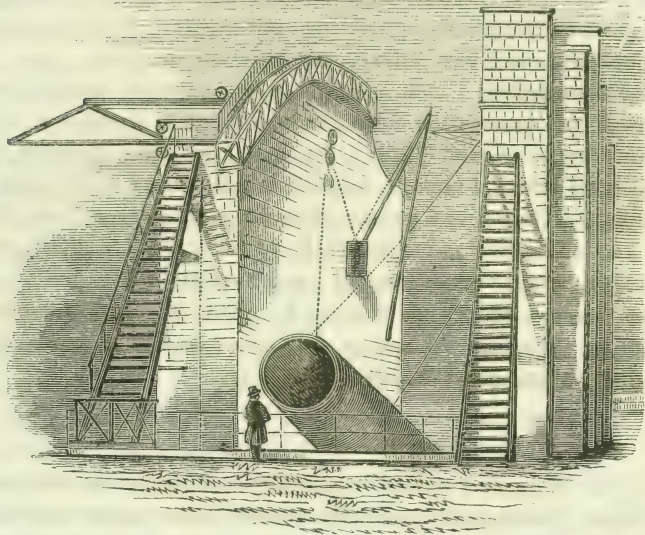
XLVI.

Quando il lembo della luna entra per la prima volta nell' ombra in m, il contrasto ed il bagliore della parte del disco ancora illuminato dai raggi diretti del sole rende l'occhio insensibile alla più de-

bole illuminazione prodotta sulla parte eclissata del disco dai raggi rifratti. — Pertanto, di mano in mano che l'eclisse procede, e la grandezza della parte del disco direttamente illuminata diminuisce, l'occhio sollevato in parte dall'eccessivo splendore incomincia a vedere molto debolmente il lembo eclissato, che è però visibile fin dal principio col telescopio in cui compare con una tinta verde-oscuro. — Quando l'intero disco è passato nell'ombra, esso diviene visibile distintamente presentando una gradazione distinta da azzurrognolo e verdognolo alla superficie ad un rosso crescente a gradi che poscia si cambia in un colore somigliante a quello del ferro incandescente quando è sottoposto ad un lento calor rosso. Quando il disco lunare si avvicina al centro dell'ombra, questa linea rossa è diffusa dappertutto. — La sua illuminazione in questa posizione è spesso così forte da gettare un'ombra sensibile e rendere distintamente visibili nel telescopio i lineamenti di luce ed ombra sulla sua superficie.

Questi effetti sono affatto simili alla successione di tinte che si svolge nella nostra atmosfera al tramonto, e nasce infatti dalla stessa causa agente però con doppia intensità. Il raggi solari attraversando due volte lo spessore dell'aria, le luci azzurra e verde sono più efficacemente assorbite ed un rosso ancor più intenso è dato alle tinte trasmesse. — Senza sviluppar di più queste conseguenze, lo studioso non incontrerà nessuna difficoltà nel trovarle negli effetti del tramonto e dell'alba, del crepuscolo di sera e di mattina.

Prof. G. Brusa.

I PIANETI SONO ABITATI?

Grande telescopio di lord Rosse.

Capitolo Primo.

I. Aspetto del firmamento. — II. Il telescopio non può rischiarare compiutamente la quistione. — III. Il telescopio diminuisce la distanza. — IV. Potenti soccorsi forniti dall'analogia. — V. Colpo d'occhio sui pianeti terrestri. — VI. Circostanze per le quali la terra è abitabile. — VII. È d'uopo esaminare se tali circostanze si riscontrano nei pianeti. — VIII. I pianeti terrestri hanno analoghe posizioni, e sono dotati d'analoghi moti. — IX. Essi hanno una quantità uniforme di luce e di calore. — X. Risposta all'obbiezione riguardante la disuguaglianza della distanza. — XI. Per mezzo degli effetti prodotti dall' atmosfera. — XII. Differenti gradi di luce nei pianeti. — XIII. Struttura dell' occhio. — XIV. L' occhio si adatta alle distanze. — XV. Rapporto tra la forza degli esseri e il loro peso. — XVI. Corrispondenza della rotazione della Terra all'organizzazione degli esseri. — XVII. Orologio di Flora di Linneo. — XVIII. La durata della rotazione non è il risultato di una legge fisica. — XIX. Rotazione degli altri pianeti. — XX. Rotazione di Marte. — XXI. Di Venere e di Mercurio. — XXII. Loro stretta analogia colla Terra. — XXIII. Inclinazione dell'asse terrestre. — XXIV. Essa genera le stagioni. — XXV. Egual processo negli altri pianeti. — XXVI. L'atmosfera.

I.

Quali riflessioni non ci vengono assediando lo spirito, quando in una bella notte smaltata di brillanti stelle passeggiamo per la campagna, e contempliamo l'ammirabile spettacolo che ne presenta il cielo? Que' globi splendidissimi e innumerevoli che adornano il firmamento sono essi mondi popolati di creature dotate come noi di ragione per iscoprire, di sensibilità per amare, d' immaginazione per comprendere nel loro infinito gli attributi di Colui « per opera del quale furono fatti i cieli? » Colui « che fece gli uomini inferiori agli angioli per premiarli » della gloria di scoprire quella luce « in cui s'è ravvolto come in una veste », ha Egli fatto altre creature ricche di somiglianti poteri, d'identici destini, d'onnipotenza sulle opere delle sue mani, e che in una parola abbiano tutte le cose sotto di sè e sotto la loro assoluta dominazione? E questi splendidi globi ruotanti in maestoso silenzio attraverso gl' interminabili abissi dello spazio sono essi il soggiorno di tali creature? — Ecco le grandi quistioni che più o meno invadono lo spirito dell' uomo anche in mezzo al tramestìo degli affari ed al vortice dei piaceri.

II.

Coloro che intorno a siffatti argomenti non hanno che idee superficiali e vaghe, pretenderebbero veder subito chiare queste sublimi quistioni, e quindi farebbero subito ricorso al telescopio (1), che in questo caso a nulla servirebbe; poichè, per quanto grande ne fosse il potere, esso non varrebbe per nulla a rischiarare siffatte quistioni, e manifesterebbe completamente a questo riguardo la propria insufficienza. Ed infatti a che trovasi limitato il soccorso che possiamo sperare da un telescopio nell' esame dei corpi celesti, o di qualsiasi altro oggetto lontano, se non che metterci in grado di veder l' oggetto come se ci venisse avvicinato? Ma strettamente parlando non può nemmeno operare questo prodigio, ed il supporlo sarebbe attribuirgli l'ammirabile perfezione ottica dell' occhio, mentre cotesto istrumento, qualunque ne sia la somiglianza coll' organo visuale, manca ancora di alcune proprietà onde l'occhio venne dotato dal Creatore.

III.

Supponiamo pure d'avere a nostra disposizione un telescopio la cui forza amplificativa sia per esempio di mille volte, che ne risulterà? Che l'oggetto che prendiamo ad esaminare si troverà perciò mille

volte più vicino a noi; e lo vedremo quindi in quella stessa maniera nella quale lo vedremmo senza l'aiuto del telescopio, se la sua distanza fosse mille volte minore: a ciò si riduce quanto possiamo ottenere da questo istrumento. — Facciamoci ora a considerare quale conseguenza deriverà da tale soccorso, ed assumiamo per esempio la Luna, cioè il corpo dell'universo che a noi si trova piu vicino. La sua distanza dalla Terra è di circa 240,000 miglia (*) (circa 96,000 leghe): il telescopio ci porterebbe adunque alla distanza di 240 miglia (circa 96 leghe) da quest'astro. Ora alla distanza di 96 leghe è egli possibile vedere distintamente, od anche confusamente, un uomo, un cavallo, un elefante, o qualche altro oggetto naturale? No certamente. Un edificio, un lavoro d'arte qualunque lo distinguiamo? Nemmeno. — Prendiamo ora per esempio uno dei pianeti. Marte, nella sua massima vicinanza alla Terra, ne è lontano 50 milioni di miglia (20,116,436 leghe): il telescopio ci porrebbe alla distanza di 50,000 miglia da questo pianeta; e quale oggetto possiamo sperare di vedere alla distanza di 50,000 miglia (più di 20,000 leghe)? Il pianeta Venere, quando trovasi più vicino alla Terra, ne è lontano poco meno di 30 milioni di miglia, ma allora ci presenta il suo emisfero oscuro; e quando una porzione notevole del suo emisfero illuminato è visibile, la sua distanza non è minore di quella di Marte. — Tutti gli altri pianeti, anche nelle loro massime vicinanze alla Terra, sono a distanze molto più ancora considerevoli. Quanto poi alle stelle, essendo tutte assai più lontane dalla Terra dei più lontani pianeti, è qui inutile farne parola.

IV.

Evidentemente adunque il telescopio non ci può arrecare nessuna luce nella quistione di sapere se i pianeti siano globi abitati siccome la Terra; e sebbene la scienza non si spieghi categoricamente in quistione di tale natura, presenta nondimeno un complesso di fatti e di circostanze veramente degne d'interesse. Si sono attualmente raggruppati insieme tutti i fenomeni che hanno riguardo alla posizione degli astri nel sistema solare (2), ai loro moti, al loro carattere fisico, alle loro condizioni ed alla parte che rappresentano nel sistema; e tutti siffatti fenomeni così raggruppati formano un corpo d'analogie che sparge

(*) *Un miglio* inglese equivale a 1609 metri e 3149 diecimillimetri: occorrono per conseguenza circa due miglia e mezzo per fare una lega francese di 4 chilometri. Tutte le conversioni in misura francese vennero fatte in questo lavoro su questa base.

sulla quistione di cui qui si parla una luce assai maggiore che non facciano quelle medesime probabilità, dietro le quali continuamente nei tribunali decidiamo dei beni e della vita dei nostri concittadini, e seguendo le quali vi azzardiamo anche i nostri beni (3).

V.

Prenderemo dapprima a considerare quest'interessante quistione riferendoci al gruppo dei pianeti che, a cagione delle analogie che presentano con quello da noi abitato, hanno ricevuto il nome di *pianeti terrestri*. Questi pianeti, in numero di tre, sono Mercurio, Venere e Marte; essi girano colla Terra intorno al Sole a distanze molto minori da quest'astro di tutti gli altri elementi che entrano a costituire il sistema solare. In secondo luogo porteremo il nostro esame sugli altri corpi del sistema; infine considereremo quelli che sono sparsi nelle regioni più lontane dell'universo.

VI.

Considerando la Terra come una dimora appropriata all'uomo e agli esseri che piacque al Creatore di mettere sotto la sua dipendenza, vi si nota un perfetto accordo tra una moltitudine di disposizioni, che tutte non sapremmo compiutamente ravvisare, e che veramente non possono manifestarsi sensibilmente qualunque sia la legge meccanica generale alla quale obbediscono i moti e i cambiamenti delle masse puramente materiali. Ed appunto dalla profusione, dalla ricchezza, dalla sontuosità di tali disposizioni conformi ai nostri bisogni, o ai nostri desiderii, di cui è stato tanto abbondantemente provveduto il nostro soggiorno, emerge più immediatamente l'intenzione benefica del Creatore. Le grandi leggi fisiche o meccaniche che reggono il mondo, per quanto grandiose ed importanti, lasciano più ancora oscura siffatta intenzione. — Se, possedendo una sufficiente nozione dei nostri bisogni naturali, dei nostri desiderii e delle nostre passioni, delle nostre attitudini alla gioia e al dolore, in una parola, della nostra organizzazione fisica, subitamente ci trovassimo trasportati su questa magnifica terra circondata da un'atmosfera imbalsamata, sparsa di acque pure e trasparenti, ricca di vite animali e vegetali; che esercita sulla materia onde sono formati i nostri corpi un'attrazione appena sufficiente per dar loro la conveniente stabilità, ma non tanto energica da togliere la possibilità di muoversi liberamente e rapidamente; che per mezzo degl'intervalli dei giorni e delle notti produce un'alternativa

di lavoro e di riposo quale corrisponde scrupolosamente alle nostre facoltà muscolari; infine che presenta un'aggradevole successione di stagioni e di variazioni moderate di temperatura perfettamente appropriate alla nostra organizzazione; — come esitare, in presenza di tale accordo in tutto e dappertutto, a conchiudere che la terra è stata formalmente destinata a servirci di dimora?

VII.

Se pertanto la scienza ci rivela in ognuno di que'pianeti che, al pari del nostro, si muove seguendo periodi regolari intorno al sole, disposizioni simili sotto ogni aspetto; s'egli è provato che ciascuno d'essi è similmente costrutto, ventilato, scaldato, illuminato e provveduto; che ciascheduno possiede le medesime alternative di luce e d'oscurità prodotte da un identico processo; che la successione delle stagioni vi è conforme, che la diversità dei climi vi succede egualmente, che la distribuzione della terra e dell'acqua vi è precisamente la stessa: non avvi più dubbio che questi pianeti sieno anch'essi abitati, e abitati da esseri in tutto simili a noi! La forte presunzione che nasce da queste analogie si converte in certezza morale riflettendo essere assolutamente provato, che tutti i corpi hanno per autore la medesima Mano che edificò l'universo, e lo lanciò nello spazio. — Di tale natura sono le prove che in questa interessante quistione presenta la scienza. Cerchiamo adunque di spogliarla di tutte quelle espressioni tecniche, di que' ragionamenti che solo i dotti hanno il privilegio di comprendere, e presentiamola per modo che divenga facile e senza fatica accessibile a tutti.

VIII.

Gettando gli occhi sopra un disegno del sistema solare, ma specialmente sul disegno di quella parte del sistema di cui ora intendiamo particolarmente parlare, rimarremo tosto convinti, che la Terra non è altro che un elemento, un'individuo d'una classe di mondi di cui gli altri tre pianeti fanno parte. Il disegno qui annesso (fig. 1) rappresenta le posizioni relative di questi pianeti nel loro cammino intorno al Sole. La posizione di Mercurio vi è rappresentata da M, quella di Venere da V, quella della Terra da E, e quella di Marte da M'. Le circonferenze dei circoli rappresentano i differenti cammini che ognuno di essi percorre intorno al Sole, il quale è raffigurato come che diffonda luce e calore da un centro comune a tutti questi circoli.

Questi quattro corpi hanno forma di globi, e non differiscono fra loro moltissimo in grandezza; si muovono intorno al Sole, come intorno ad un centro comune, in orbite (4) circolari, come lo indica la figura qui sotto, e quasi nello stesso piano (5).

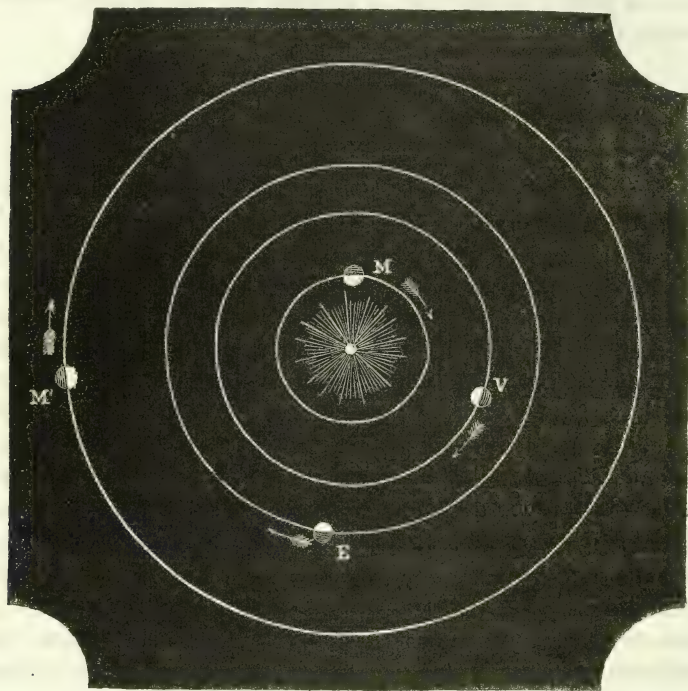



Fig. 1.

Forzatamente siamo portati a credere, che questi quattro globi sieno corpi della medesima classe; ma vediamo quali risultati derivano immediatamente nell'economia della natura da questo comune carattere appartenente ai moti di questi pianeti, e quindi dalla posizione del Sole.

IX.

Dalla considerazione delle proprietà dei corpi organizzati, e specialmente di quelle appartenenti alle specie animali e vegetali, si deduce che il loro continuo benessere fisico dipende essenzialmente dall' uniformità e regolarità colle quali vi agiscono e li alimentano i due grandi principii della luce e del calore. Se questi corpi, o alcuni

d'essi, venissero a provare qualche grandissima variazione, la loro organizzazione verrebbe a risentirne forse anche mortalmente. Da una parte vi ha un certo grado di freddo, e dall' altra un certo grado di calore, la cui influenza riescirebbe fatale a qualsivoglia corpo organizzato; ma vi hanno limiti ancora più ristretti tra i quali deve necessariamente mantenersi la temperatura per conservare la salute fisica dei corpi. Vi sono infine gradi di luce la cui intensità sarebbe incompatibile colla conservazione degli organi della vista.

Se adunque si considera questa costante quantità di luce e di calore necessaria al benessere delle creature che popolano questo globo, siamo condotti naturalmente a domandare per quali mezzi loro venne assicurato uno stato di cose cotanto necessario? Se vicino a noi si formasse una sorgente di luce e di calore, e che per altre circostanze fossimo obbligati a cambiar posizione riguardo a questa sorgente, come faremmo per ricevere l'egual quantità di luce e di calore? Non seguiremmo un cammino circolare avente per centro quel focolare, mantenendoci così da esso sempre alla stessa distanza? Tale è precisamente il cammino che segue la Terra, come si vede nella nostra figura; dalla quale si vede pure che gli altri tre pianeti si muovono anch'essi, ognuno da parte sua, descrivendo circonferenze di cerchio, e ciascuno d'essi tenendosi sempre alla stessa distanza dalla sorgente comune di luce e calore (6).

X.

Siccome per la Terra questo moto circolare serve a raggiungere uno scopo importante, così l'analogia giustifica la conclusione che un simile processo debba esistere per ciaschedun pianeta, affine di raggiungere un simile scopo. Ma si potrebbe anche osservare che i pianeti trovansi a diverse distanze dal Sole; e per conseguenza, sebbene debbasi ammettere che ciascun pianeta (considerato in sè stesso) sia uniformemente provveduto di luce e calore in grazia del suo moto circolare, pure l'intensità di questi due principii, ai quali essi sono individualmente esposti, differisce in essi, confrontandoli fra loro, al punto di distruggere qualsiasi analogia fra di essi.

XI.

Per rispondere a questa obbiezione bisogna sapere che l' influenza della luce e del calore su di un pianeta non dipende unicamente dalla sua distanza dal Sole, ma il calore prodotto dai raggi solari dipende an-

che dalla densità dell'aria che circonda gli oggetti affetti da questo calore. Così a grandi altezze nella nostra stessa atmosfera si trova una temperatura considerevolmente più bassa che alla media superficie del globo, perchè a queste altezze l'aria è tanto rarefatta da non poter concentrare, nè rattenere il calore solare. Si può adunque facilmente concepire (ammettendo l'esistenza d'atmosfere planetarie) che le loro densità sieno state così ordinate, che i pianeti più vicini al Sole, i quali perciò ricevono questi raggi con maggiore intensità, non siano soggetti a temperatura più alta che non siano i pianeti più lontani dal Sole, i quali trovansi esposti a raggi molto meno intensi: ed è precisamente per questa medesima ragione che la temperatura sulla cima delle montagne le più alte dei tropici è tanto bassa quanto la temperatura delle montagne polari. Vedesi da ciò come possano essere compensati e neutralizzati gli effetti risultanti dalle differenti distanze dei pianeti dal Sole; per il che basta che le atmosfere soddisfacciano ad alcune condizioni, quali svilupperemo più avanti.

XII.

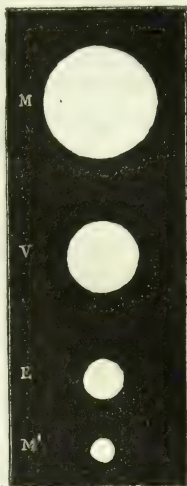
Ma ritorniamo alla luce solare. L'intensità della luce del Sole varia colla sua distanza al pari dell'intensità del suo calore, e lo splendore del giorno, in ciascun pianeta, dovrebbe essere strettamente proporzionale alla grandezza apparente del Sole per ognuno di essi. Ora è evidente che, mano mano che ci avviciniamo a un oggetto qualunque, la sua grandezza aumenta all'occhio, e mano mano invece che ce ne allontaniamo la sua grandezza diminuisce. Un pallone che si vegga al punto di sua partenza presenta dimensioni imponenti, ma quando ha raggiunto una considerevole altezza non lo si vede che come un punto. Guardando dall'alto della spiaggia di Douvres, Edgardo dice a Gloster, nel *Re Lear*:

« . . . . Half way down
» Hangs one that gathers samphire; dreadful trade!
» Methinks, he seems no bigger than his head.
» The fishermen, that walk upon the beach,
» Appear like mice; and yon' tall anchoring bark
» Diminish'd to her cock, her cock, a buoy
» Almost too smal for sight . . . . . . »

(Laggiù a mezzo il monte è sospeso un uomo che coglie finocchio marino. Mestier periglioso! Io penso che di qui non si veda più grande della sua testa. I pescatori che passeggiano sul lido mi appaiono all'occhio piccoli come sorci. Quell'alta nave che sta all'àncora là in fondo pare una scialuppa, e la sua scialuppa un gavitello quasi impercettibile...). — SHAKSPEARE, *il Re Lear,* atto IV, scena VI. — Traduzione di Giunio Bazzoni e Giacomo Sormani.

Nulla di più facile che calcolare le apparenti grandezze relative del Sole osservate da Mercurio, da Venere, dalla Terra e da Marte individualmente, quando si conoscano le distanze relative di questi pianeti dal Sole; giacchè il diametro apparente deve diminuire in proporzione all'aumento della distanza dal Sole, e reciprocamente. Seguendo questo mezzo si trova che il Sole veduto da questi quattro pianeti assume le grandezze relative della figura 2, nella quale, essendo con E rappresentato il disco del Sole veduto dalla Terra, M rappresenta il suo disco veduto da Mercurio, V il suo disco veduto da Venere, e M′ il suo disco veduto dal pianeta Marte.

Fig. 2.

Lo splendore della luce solare in Mercurio sarà maggiore che sulla Terra nella ragione di M ad E; la luce del Sole in Marte sarà meno brillante che sulla Terra nel rapporto di M′ a E. E da ciò si potrebbe conchiudere che la luce in Marte sarebbe troppo debole per la vista e in Mercurio troppo intensa.

XIII.

Basteranno però alcune parole sulla struttura e sulle funzioni dell'occhio per provare che queste difficoltà possono essere facilmente risolte. La percezione della luce in qualsivoglia creatura dotata dell'organo della vista (a parità di tutte le altre circostanze) dipende dalla grandezza dell'apertura circolare, o foro, che si vede al davanti dell'occhio, e che si chiama *pupilla*: esteriormente quest'apertura ha l'aspetto di un punto nero, ma in realtà è un buco circolare che la luce attraversa per passare internamente, cioè nella *camera* della visione, e agire sull'inviluppo membranoso destinato a trasmettere quest'azione al cervello, e determinarne la sensazione.

Quanto abbiamo esposto meglio si comprenderà ponendo attenzione alle figure 3 e 4. La prima di queste figure rappresenta la forma esteriore e l'aspetto dell'occhio; la seconda rappresenta una sezione del globo dell'occhio fatta mediante un piano orizzontale secondo la retta punteggiata AR. — P, figura 3, indica la pupilla, I l'iride; un raggio colorato circonda la pupilla, infine W indica il bianco dell'occhio. — Nella figura 4, P indica la pupilla, I l'iride, N e

O indicano un inviluppo membranoso sparso di nervi e di vasi sanguigni di cui è provveduto l'interno del globo dell'occhio. — La luce penetrando secondo MG nella pupilla, e passando attraverso ai liquidi

Fig. 3.

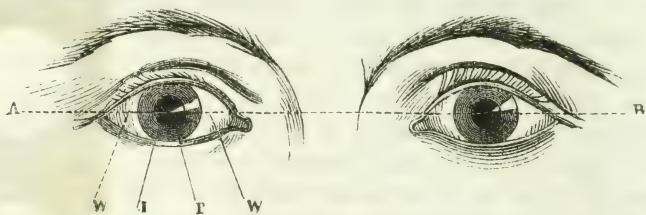
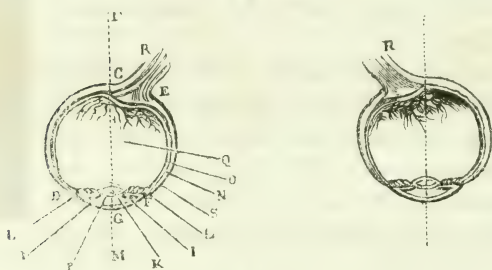



Fig. 4.

interni dell'occhio, — liquidi perfettamente trasparenti, — viene a colpire l'inviluppo membranoso, e agisce su di esso in maniera da produrre una percezione. Lo splendore apparente della luce dipenderà evidentemente dalla quantità di quella che penetrerà nell'occhio attraverso della pupilla, come pure dalla sensibilità dell'inviluppo membranoso su cui agisce questa luce.

XIV.

Se adunque le pupille degli occhi in Mercurio e in Venere fossero più piccole, e in Marte più grandi che sulla Terra, per modo che le loro grandezze riuscissero rispetto a queste ultime negli stessi rapporti di E a V, ovvero ad M, e di E ad M' (fig. 2), conservando però l'inviluppo membranoso in ognuno di questi pianeti la stessa sensibilità, lo splendore della luce solare si manterrebbe identico dappertutto e per tutte queste pupille. Si arriverebbe allo stesso risultato supponendo anche che le pupille avessero la medesima grandezza, purchè si attribuissero agl'inviluppi membranosi degli occhi differenti gradi di sensibilità, per esempio, un grado minore in Venere e in Mercurio che sulla Terra, ed un grado maggiore in Marte.

XV.

Se si considerano le facoltà di muoversi e d'agire che posseggono tutti gli animali terrestri, si trova che queste facoltà hanno certi limiti. L'esercizio di queste facoltà può aver luogo solo entro certi periodi, i quali, sebbene variino a seconda degli individui, non possono variare che entro limiti assai ristretti; e trascorso un certo tempo torna indispensabile il riposo del corpo. Ma oltre a queste facoltà di muoversi e d'agire, oltre al bisogno di riposo che succede alla locomozione ed all'attività, gli animali hanno in generale altri bisogni e desiderii periodici: così essi sono suscettibili di veglia durante certi periodi, dopo i quali il bisogno fisico di dormire si fa in essi sentire. Ora considerando d'un tratto l'insieme degli esseri, si vede che il periodo medio che deve regolare gl'intervalli di lavoro e di riposo, di veglia e di sonno, corrisponde il più sovente a quello determinato dalle alternative del giorno e della notte.

S'incontrano pure nel regno vegetale delle funzioni periodiche, le quali, sebbene meno appariscenti, non sono però meno degne d'interesse, e che si collegano anch'esse strettamente al periodo che regola le alternative del giorno e della notte. Le piante per effetto della luce solare subiscono certi cambiamenti, certi effetti che sono diversi (e sotto alcuni riguardi contrarii) di quelli che subiscono nella sua assenza. Questi cambiamenti sono necessarii alla salute delle piante, le quali senza d'essi scomparirebbero dal globo.

XVI.

La durata di questi fenomeni e della loro azione non è meno essenziale della loro successione. La presenza della luce è necessaria per un certo tempo, non di più non di meno; e la sua assenza dev'essere parimenti limitata, altrimenti la creatura vegetale perirebbe. — Esiste adunque evidentemente un intimo legame fra le funzioni e le qualità del regno vegetale, fra la facoltà d'agire, la suscettibilità dei godimenti, i bisogni fisici degli animali, e i periodi che separano la luce dall'oscurità, il giorno dalla notte. Ma quali sono questi periodi? A quale processo meccanico ebbe ricorso Colui che separò la luce dalle tenebre, e « vide che ciò era bene », affine di raggiungere i suoi impenetrabili disegni? Nulla di più semplice, nulla di più bello, di più ammirabilmente perfetto. Mentre il globo terrestre compie il suo annuo cammino intorno al Sole, eseguisce nel medesimo tempo un moto di

rotazione intorno ad un diametro siccome intorno ad un asse; e in virtù di questo moto espone successivamente tutte le parti della sua superficie alla luce e al calore del Sole: ogni rotazione si compie nell'intervallo designato col nome di 24 ore; ed in esso tutti i punti della Terra sono alternativamente esposti e sottratti alla luce solare. — La figura 5 rappresenta la Terra nell'annuo suo moto intorno al Sole, e

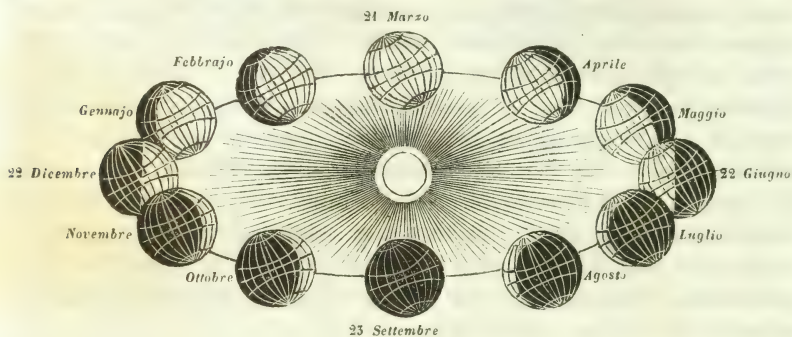



Fig. 5.

vedesi che un emisfero è illuminato dal sole, mentre l'altro è immerso nelle tenebre. Ma siccome il globo compie l'intiero suo giro intorno all'asse in 24 ore, ciascuna parte si trova esposta alla sua volta alla luce ed al calore del Sole in intervalli medii di 12 ore.

Il processo culinario per mezzo del quale si fa girare la vivanda attaccata ad un capo di una funicella, oppure infissa ad uno spiedo davanti al fuoco, onde sottomettere successivamente alla sua azione ciascun lato della vivanda, ci offre l'esatta immagine della rotazione della Terra.

Che se ora riflettiamo al rapporto così manifesto tra questi intervalli e i bisogni delle creature organizzate, possiamo noi dubitare un solo istante che la Terra sia stata costretta a girare sul suo asse in un tal tempo (24 ore) piuttosto che in un altro, perchè questo stato di cose è il più vantaggioso al benessere delle miriadi innumerevoli di specie animali e vegetali, opere tutte di Dio, e per i cui godimenti la Terra venne creata? Se la durata della rotazione fosse stata materialmente minore di quella che è infatti, i nostri periodi d'attività e di lavoro sarebbero troppo brevi per prepararci al ritorno delle tenebre; se questa durata fosse stata più lunga, noi avremmo bisogno di riposo prima che fosse ritornato il tempo naturalmente a ciò destinato. Così adunque le alternative naturali di giorno e di notte sono strettamente convenienti ai nostri bisogni; e sebbene la

nostra organizzazione non si ravvisi fisicamente collegata alla rotazione della Terra per mezzo di alcuna relazione di causa e d'effetto, sarebbe fare oltraggio a tutti i principii di probabilità il supporre opera meramente fortuita una tale convenienza. Questa mutua convenienza è pertanto una prova novella, tra molte altre che si presentano da sè stesse, le quali mostrano la Terra siccome dimora, e l'uomo come suo abitante, essere stati formalmente destinati l'uno per l'altro.

XVII.

Potrebbersi indicare molti esempii di questa correlazione fra la durata della rotazione del globo sul suo asse e le funzioni periodiche del mondo organizzato. Tra queste è *l'orologio di Flora* di Linneo, fondato su piante che aprono e chiudono i loro fiori a certe ore determinate del giorno. Così l'emerocale si apre alle 5 ore del mattino, il macerone comune alle 6, un jeracio alle 7, il crisantemo alle 9, e così di seguito; e si chiudono dopo mezzo giorno ad ore corrispondenti. E non credasi che questo sia effetto particolare della luce sulle piante; giacchè, ponendo i fiori in una camera oscura, si trovano aperti o chiusi alle loro consuete ore.

XVIII.

La necessità di conservare una corrispondenza fra gl'intervalli di riposo e d'attività, fra le ore del cibo, ecc., fu constatata nei viaggi al polo Nord dai navigatori che raggiunsero le latitudini ove non si vede il Sole per molte settimane; mentre si trovò necessario abituare i marinai a mettersi a letto alle 9 ore, e alzarsi alle 6 ore meno un quarto. Grazie a questo regime, la salute degli equipaggi si mantenne perfetta malgrado il rigore opprimente del clima a cui si trovavano esposti.

La rotazione della Terra in 24 ore è un esempio della beneficenza del Creatore. Questa durata non è come il tempo della rivoluzione terrestre intorno al sole conseguenza necessaria di una legge fisica stabilita: nessuna legge cui sia soggetta la materia avrebbe impedito alla Terra di ricevere una diversa rotazione più o meno rapida. Così la Terra avrebbe potuto fare una sola rotazione in un mese, e allora le medie alternative di giorno e di notte sarebbero state di quindici giorni; od anche avrebbe potuto compiere una rotazione in un'ora, e allora le alternative sarebbero state di trenta minuti. Un tale stato

di cose, sebbene fisicamente ammissibile, sarebbe evidentemente incompatibile colla conservazione del mondo organizzato. Dobbiamo quindi considerare il periodo della rotazione diurna della Terra e la sua meravigliosa convenienza al bisogno e al benessere delle creature, non come il risultato di una legge fisica, ma sibbene come un dono emanante direttamente dalla divina beneficenza, come un esempio dell'infinita abilità della Mano, la quale, al momento della sua creazione, lanciò il globo terrestre nello spazio.

XIX.

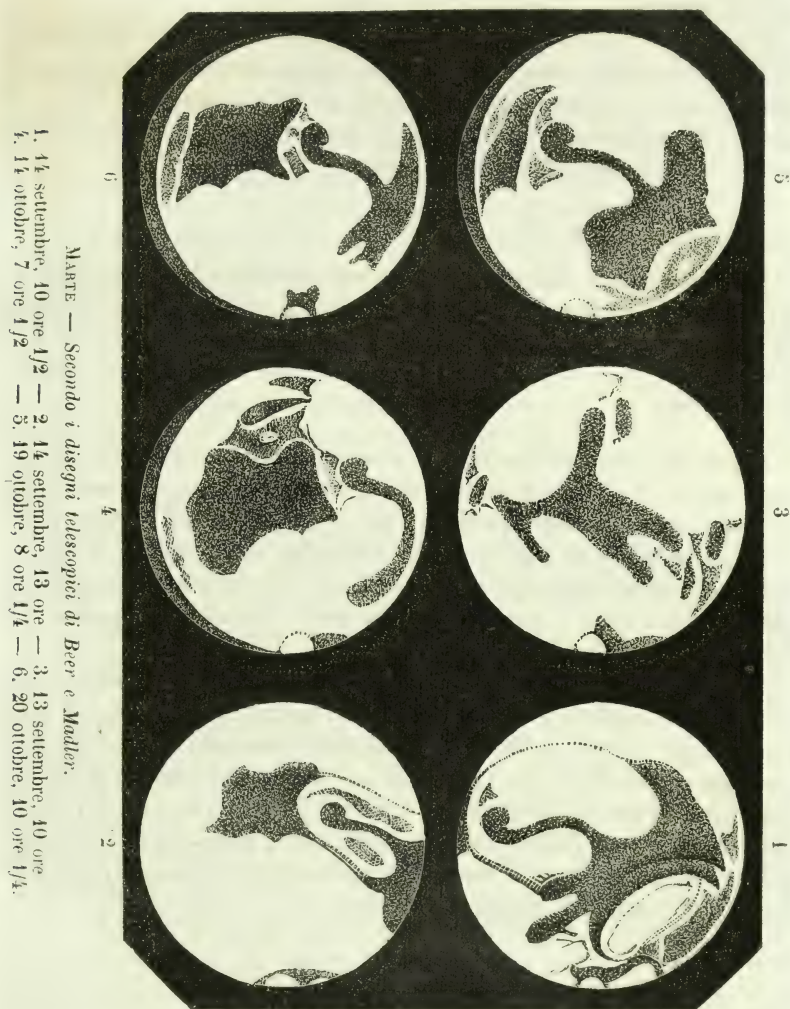
Ammesso pertanto che il processo, o il modo impiegato per far girare il globo terrestre sul suo asse in 24 ore, sia una conseguenza d'una infinita liberalità, la quale pose un cotal tempo in tanto intima corrispondenza colle specie organizzate del globo, che, se questo ruotasse sopra sè medesimo in un tempo più lungo o più breve, ne deriverebbe un completo disordine nell' economia animale e vegetale; — non risulta forse interessante il sapere se un analogo processo venne applicato agli altri pianeti, e, in caso affermativo, se l'applicazione di questo processo raggiunse per questi pianeti risultati identici a quelli che presenta la Terra? Tutti i pianeti, nessuno eccettuato, hanno un movimento di rotazione intorno a certi diametri come ad assi, mentre essi compiono le loro rivoluzioni periodiche intorno al Sole. I diametri intorno ai quali essi ruotano sono tali, che ciascuno d'essi presenta delle alternative regolari di luce e d'oscurità in ogni parte della sua superficie: in una parola i pianeti hanno come la Terra dei giorni e delle notti. Ma questi giorni e queste notti sono regolati come i nostri dai medesimi intervalli? È questa senza dubbio un' importante quistione; giacchè, per quanto si è veduto, questi intervalli sono in certa maniera la chiave mediante la quale si può penetrare nel segreto delle organizzazioni e delle funzioni degli esseri viventi in ciascun pianeta.

XX.

Dirigendo al pianeta Marte un telescopio dotato di bastante ingrandimento si osserva che la superficie del suo disco è sparsa di punti luminosi e oscuri siccome quella della Luna. Alcuni di questi punti cambiano di luce e di posto, ma per la più parte restano fissi e inalterati.

Devesi ai due celebri astronomi prussiani Beer e Madler una ricca collezione di disegni rappresentanti i differenti emisferi di Marte.

Trentacinque ne furono fatti nel 1830, all'epoca dell'opposizione di Marte, trenta nel 1837 e quaranta nel 1841. Nella figura posta qui sotto si danno sei di questi disegni presi a differenti ore e a differenti date.

MARTE — *Secondo i disegni telescopici di Beer e Madler.*
1. 14 settembre, 10 ore 1/2 — 2. 14 settembre, 13 ore — 3. 13 settembre, 10 ore
4. 14 ottobre, 7 ore 1/2 — 5. 19 ottobre, 8 ore 1/4 — 6. 20 ottobre, 10 ore 1/4.

Mediante il confronto fra tutti questi disegni del pianeta, Beer e Madler costrussero le due projezioni de' suoi emisferi boreale ed australe, le cui figure saranno date più avanti.

Osservando per alcune ore i punti luminosi e oscuri del pianeta, si nota che questi punti lentamente si trasportano dall'una all'altra parte del

disco; ognuno di essi scomparirà alla sua volta da una parte, ed altri se ne presenteranno dall'altra parte; e scorse circa 12 ore, i punti che erano scomparsi da una parte ricompariranno dall'altra, e così sempre di seguito.

È inutile il dire che questi fenomeni sono derivanti dalla rotazione di Marte sul proprio asse; e che, siccome i punti scomparsi riappariscono sempre nella primitiva loro posizione dopo un intervallo di 24 ore 37 minuti 22 secondi, il pianeta compie perciò una rotazione intorno al suo asse in questo intervallo di tempo.

XXI.

Da osservazioni analoghe si venne a conchiudere, che il globo di Venere ruota sul suo asse in 23 ore 21 minuti 21 secondi, e quello di Mercurio in 24 ore e 5 minuti.

XXII.

Segue da tutto ciò che Marte, Venere e Mercurio, non solo posseggono giorni e notti, ma ancora che questi giorni e queste notti sono in realtà e per le stesse pratiche ragioni in tutto simili a quelli della Terra; giacchè sono regolati dalla medesima media durata, si succedono nella stessa maniera, e Colui che loro impose questa legge, trovò che certo era bene « separare la luce dalle tenebre » su questi pianeti come sulla Terra.

Se adunque la durata dei nostri giorni e delle nostre notti è evidentemente regolata a norma della convenienza e del benessere delle creature per le quali la Terra fu appropriata, possiamo ben conchiudere per legge d'analogia, che l'applicazione degli stessi processi ai pianeti Mercurio, Venere e Marte venne fatta ad un fine identico, e che gli abitanti di questi pianeti hanno, come quelli della Terra, un' organizzazione che reclama i medesimi intervalli di lavoro e riposo, d'attività e d' inerzia, di veglia e di sonno.

XXIII.

Nel considerare il modo, o il processo col quale sono assicurati ai pianeti i giorni e le notti, è utile studiare la posizione particolare dei diametri intorno ai quali sono costretti a ruotare. La Terra mentre compie la sua rivoluzione intorno al Sole avrebbe potuto ruotare intorno ad uno qualunque fra infiniti diametri: avrebbe potuto, per esempio, ruotare intorno ad un diametro disposto ad angoli retti col piano

della sua orbita annua; e se ciò fosse stato, si avrebbero notti e giorni dell'egual durata tutto l'anno e in ogni parte del globo.

Se l'asse della Terra fosse stato disposto nel piano della sua orbita annua, il Sole sarebbesi costantemente mostrato al disopra dell'orizzonte pel corso di molte settimane nell'estate, e costantemente al disotto per un egual tempo nell'inverno. La durata di questi continui intervalli di luce e di tenebre sarebbe stata diversa pei differenti punti del globo, e sarebbe aumentata colla latitudine; nè vi sarebbero state alternative quotidiane di giorno e di notte se non in un breve intervallo di tempo prima e dopo gli equinozj (7).

Non è necessario l'insistere sulle conseguenze di tale stato di cose, riconoscendosi che sarebbe stato assolutamente incompatibile col benessere, e fors' anche colla conservazione del mondo organico.

Nella prima di queste due ipotesi suenunciate saremmo stati privi di stagioni, e sarebbe stato impossibile qualsivoglia conveniente cronologia; in ambedue noi saremmo stati privati di un gran numero di vantaggi, quali ce li procura lo stato attuale delle cose.

XXIV.

Ma fra queste estreme posizioni che l'asse di rotazione poteva assumere, ve ne hanno infinite altre che sarebbero state pressochè impossibili. Se l'asse fosse stato inclinato per modo di coincidere quasi coll'ecclittica, ne sarebbero derivate conseguenze tanto dannose che quelle emergenti dalla sua posizione nello stesso piano dell'ecclittica (8). Si trova per altro che questo asse assunse una posizione che poco si allontana dalla perpendicolare, come la figura 5 lo prova. Per questa inclinazione l'emisfero boreale del globo si presenta al sole durante una metà dell'anno, e l'emisfero australe durante l'altra metà; e per questo mezzo noi godiamo di una successione aggradevole di stagioni: ed è perciò che la primavera, l'estate, l'autunno e l'inverno si succedono operando una diversione piena d'incanti segnando insieme il corso del tempo per mezzo di fenomeni sensibili. Inoltre questa inclinazione, o abbassamento dell'asse, è così regolata, che gli estremi delle stagioni sono racchiusi in limiti strettissimi, tanto da riconoscersi utili ed anche necessarj al benessere fisico dei numerosi abitanti della Terra.

Veramente questa successione di stagioni non era indispensabile alla conservazione delle razze terrestri; giacchè, se l'asse fosse stato perpendicolare all'orbita in maniera da rendere le notti e i giorni dappertutto e sempre eguali, il mondo organico avrebbe continuato ad esistere; ma avrebbe dovuto subire alcune modificazioni.

XXV.

Osservando la posizione dell' asse intorno a cui Marte compie la sua rivoluzione, si trova che quest'asse forma col piano dell'orbita del pianeta un angolo di 28° 27', vale a dire un angolo poco diverso da quello formato dall' asse della Terra coll' ecclittica. I climi e le stagioni di Marte sono adunque simili a quelli della Terra.

Non vennero ancora determinate le posizioni degli assi di rotazione di Venere e di Mercurio; ma secondo ogni probabilità esse non sono materialmente diverse di quelle degli assi di Marte e della Terra.

Vedesi adunque che in questi tre pianeti, come su la Terra, s'incontrano le medesime alternative di giorno e di notte, e la medesima successione di stagioni regolata da limiti di temperatura presso a poco simili, e le medesime varietà di climi distinte l'una dall'altra da limiti di latitudine. In una parola i principali fenomeni che si manifestano sul globo terrestre si manifestano anche nei tre pianeti Mercurio, Venere e Marte.

XXVI.

L'atmosfera che circonda la Terra non è che un accessorio, il quale però ha rapporti tanto importanti quanto evidenti coi regni animale e vegetale. Tutti gli esseri che respirano dipendono dall'atmosfera; ed è questa la condizione della loro esistenza. L'apparato meccanico e insieme chimico degli organi respiratorj è assolutamente in corrispondenza coll'atmosfera, e perfettamente vi si adatta. Finalmente la vita vegetale ne è dipendente quanto la vita animale.

Ma oltre a queste proprietà, senza le quali la vita si estinguerebbe sul globo, l'atmosfera ne possiede delle altre che ci procurano dei vantaggi ed anche dei piaceri. E diffatti essa è il mezzo pel quale ci viene trasmesso il suono. E come l'apparecchio polmonare è organizzato per modo da poter agire chimicamente sull' atmosfera, ed è per tal mezzo che può somministrare al sangue il principio per cui questo fluido è atto ad alimentare la vita, così l' ammirabile meccanismo dell'orecchio è disposto a ricevere gli effetti delle pulsazioni o vibrazioni atmosferiche, e portarle al *sensorio* (al cervello), ove determinano la percezione del suono: ma non è ancor tutto. Il meccanismo degli organi vocali è disposto in modo da poter imprimere all' atmosfera queste vibrazioni, e pel suo intermediario trasmettere gli accenti della voce al meccanismo dell'orecchio, meccanismo di una suscet-

tibilità a ciò esattamente corrispondente. Per conseguenza senza l'atmosfera, e supposto pure che si potesse vivere senza di essa, di quale utilità ci sarebbero, malgrado la loro perfezione, e la voce e l'orecchio? Avremmo la voce, ma parola alcuna non potrebbe uscire dalle nostre labbra; tenderemmo l'orecchio, ma nessuna parola si farebbe ascoltare. Strana situazione Avremmo facoltà d'ascoltare e parlare, e ciononostante noi saremmo sordi e muti.

All'atmosfera devesi un altro vantaggio, ed è la diffusione della luce solare, e l'indebolimento della sua intensità. Sotto questo riguardo l'atmosfera fa rispetto al Sole l'ufficio medesimo del vetro smerigliato rispetto alla luce di una lampada; l'incompleta trasparenza del vetro diminuisce lo splendore della lucerna. Se mancasse l'atmosfera la luce del Sole illuminerebbe solamente gli oggetti sui quali cadrebbero direttamente i suoi raggi, e da uno splendore solare intenso, senza alcuna degradazione, si passerebbe in una assoluta oscurità. Non vi sarebbe adunque più ombra; e gli appartamenti, le cui finestre non fossero dirimpetto al Sole, non sarebbero illuminate a mezzogiorno più che a mezzanotte. — Ma ciò non succede, essendovi una massa d'aria che si stende dalla superficie del globo ad un'altezza di oltre 40 miglia (16 leghe). Questa massa d'aria riflette la luce solare su ciascun oggetto che vi è esposto; e siccome l'aria si diffonde su tutti i punti della superficie del globo, seco trasporta la luce riflessa ma indebolita del Sole.

E quando al suo tramonto il Sole sembra spogliarsi della propria luce, l'atmosfera, illuminata ancora da' suoi raggi, ci fa godere di una tenue luce che va gradatamente spegnendosi, e si perde infine nell'ombra medesima della notte. Prima del sorgere il Sole è alla stessa maniera annunciato dall'atmosfera, che ci prepara al ritorno del suo splendore vestendosi dapprima di tinte grigie e ben presto splendide; nel che consiste l'aurora. — Se l'atmosfera venisse a mancare, l'istante in cui il Sole tramonta sarebbe segnato da un passaggio brusco, istantaneo dal pieno splendore solare ad una perfetta oscurità; e per lo stesso motivo l'istante del levarsi del Sole sarebbe contrassegnato da un cambiamento brusco, istantaneo, cioè da un subito passaggio dalle più dense tenebre alla luce più abbagliante.

Capitolo Secondo.

I. Proprietà dell' atmosfera; colore del cielo. — II. Sua azione sulla temperatura. — III. Le atmosfere planetarie possono essere osservate. — IV. Nubi che vi si scoprono. — V. Pioggia, neve e grandine. — VI. Venti nei pianeti. — VII. Nubi di Mercurio, Venere e Marte. — VIII. Loro continenti e loro mari. — IX. Effetto della gravità nei pianeti. — X. Sua correlazione cogli esseri organizzati. — XI. Convenienza degli esseri organizzati alla forza di gravità. — XII. Gravità in Mercurio, Venere e Marte. — XIII. Sistema solare; pianeti. — XIV. Numero dei pianeti; gruppi. — XV. Gruppo interiore: i cinquantaquattro pianeti raggruppati intorno al Sole. — XVI. Gruppo esteriore: Giove, Saturno, Urano e Nettuno. — XVII. Loro distanze dal Sole, loro distanze fra essi, loro distanze dalla Terra. — XVIII. Diametri apparenti del disco solare veduti da questi pianeti; luce e calore solare. — XIX. La quistione dell' abitabilità dei pianeti considerata rispetto alla luce ed al calore solare. — XX. Grandezza relativa dei pianeti; loro volume; seguito della quistione sulla abitabilità. — XXI. Popolazione proporzionale nel caso che i pianeti siano abitati. — XXII. Cause fisiche che renderebbero impossibile l'abitabilità dei pianeti. — XXIII. Applicazione di queste cause a Giove, conseguenze; necessità in questo pianeta d'un mondo organico diverso dal mondo organico terrestre. — XXIV. Volume e densità relative della Terra e di Giove. — XXV. Confronto delle relative quantità di materia attrattiva in Saturno, Urano, Nettuno e la Terra; confronto delle loro densità. — XXVI. Pesi relativi dei corpi situati in questi pianeti e sulla Terra. — XXVII. Risultati generali ottenuti dalla scienza nella quistione sulla abitabilità di questi pianeti. — XXVIII. Loro atmosfera. — XXIX. Loro rotazione diurna. — Osservazioni generali sulla rotazione, e conseguenze; posizione dell' asse di rotazione.

I.

Senza atmosfera non vi son nubi. Senza atmosfera il giorno non sarebbe che una luce monotona e fastidiosa, sempre dello stesso splendore; il limpido azzurro del cielo, sì aggradevole alla vista, non è altro che il colore naturale dell'aria riflesso verso l'occhio. Se l'aria di cui è ripieno un appartamento non ci sembra azzurra, ciò dipende ch'essa non vi è in bastante quantità per determinare sull'occhio la percezione del suo colore; come per la stessa ragione l'acqua del mare raccolta in un bicchiere sembra trasparente ed incolora, mentre veduta ad una considerevole profondità si mostra della tinta verde che le è propria.

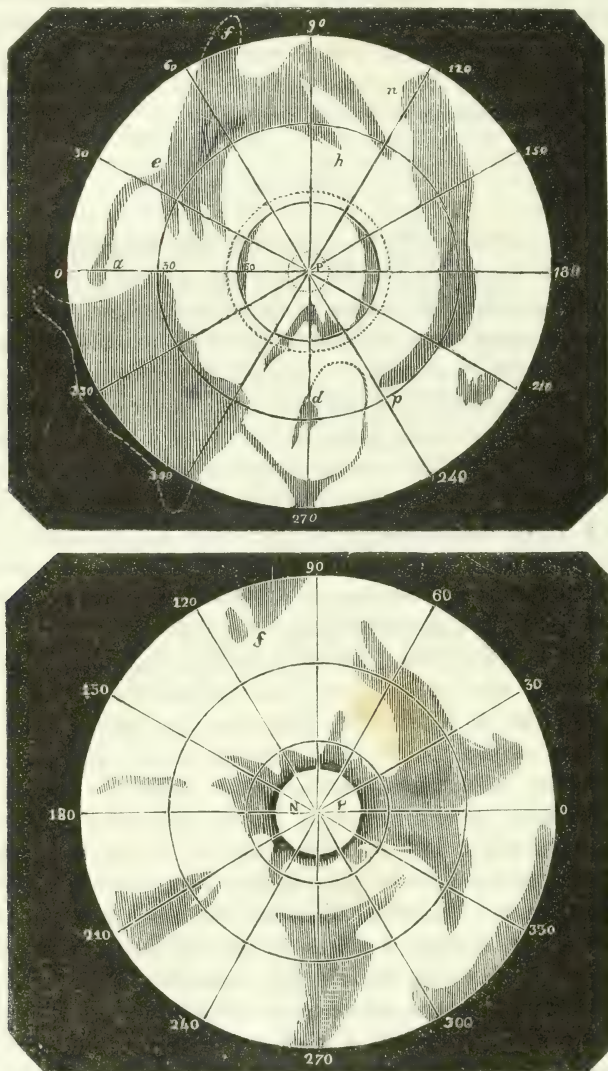
Per conseguenza sollevando gli occhi verso il cielo, ed osservando attraverso un volume d'aria della profondità di 40 miglia (circa 16 leghe), vediamo questo fluido rivestito del suo specifico colore azzurro. Senza atmosfera la gran vôlta dei cieli non presenterebbe che una superficie invariabilmente e perpetuamente nera; le stelle scintillerebbero oscuramente qua e là, e solo, per un lugubre contrasto, il disco splendente del Sole compirebbe la sua solitaria carriera percorrendo quest'immensità di eterne tenebre.

II.

L'atmosfera produce sulla temperatura del soggiorno dell'uomo altri effetti non meno importanti. Così essa ritiene e diffonde il calore che proviene dal Sole, o anche dalle viscere della Terra. Per ciò che riguarda la temperatura, in quale stato si troverebbe l'uomo senza atmosfera, ovvero se il suo volume o la sua densità provassero solamente un notevole cambiamento? Per risolvere questa quistione basta considerare lo stato delle regioni del globo, la cui altezza è tale che una parte considerevole dell'atmosfera resta al disotto di esse, quali sono le Alpi, le Ande e l'Imalaja. Qualunque sia l'intensità del calore solare, e ancorchè venga a colpire direttamente un luogo, esso non potrebbe compensare l'assenza di un'atmosfera sufficientemente densa; ed anche sotto i tropici l'acqua non può esistere allo stato liquido ad altezze superiori a 14000 piedi: le cime delle Ande sono coperte di nevi perpetue.

Se adunque la Terra non fosse stata fornita d'atmosfera, se anche non avesse avuto che un'atmosfera tenue e rarefatta al pari di quella che s' incontra ad un' altezza di circa una lega (appena la decima parte della sua altezza totale), le acque dei nostri oceani sarebbero rimaste allo stato solido; non avrebbe potuto esistere vegetazione, e, in onta alla forza produttrice della luce e del calore del Sole, in onta ai cambiamenti sì deliziosi delle stagioni, in onta a questa bella e semplice disposizione, per la quale la primavera succede all'inverno, l'estate alla primavera, l'autunno all'estate, — la Terra altro non avrebbe presentato che un immenso e sterile deserto avvolto di una crosta di eterno ghiaccio, senza vita, senza moto, senza forma, senza bellezza.

Considerando ora quanto sia necessaria un'atmosfera all' esistenza dei mondi animale e vegetale, quanto sia indispensabile ad una riunione di esseri che posseggono facoltà perfette onde comunicare fra loro; riflettendo d'altra parte che quest'atmosfera non è essenziale al giuoco meccanico del globo terrestre nell'economia del sistema solare; considerando infine che senza atmosfera la parte che rappre-

senta il globo nel gruppo dei pianeti sarebbe precisamente la stessa; non si può giungere che a questa conclusione, vale a dire: che questa atmosfera fu espressamente distribuita intorno alla Terra pel benessere de' suoi abitatori; per procurar loro una luce dolce, attenuata;

Marte — *Projezioni telescopiche dei due emisferi — Secondo Madler.*

per trasportare i suoni; per facilitare la felicità sociale, procurando col linguaggio i mezzi di comunicazione; per conservare i mari

allo stato liquido, e mediante venti propizj promovere i rapporti fra nazioni e nazioni, ed unire le diverse razze degli esseri abitanti i più lontani punti del globo coi vincoli naturali di reciproca beneficenza. Ammettendo infatti essere questi alcuni dei molti usi e dei molti fini della nostra atmosfera, la quistione di sapere, se altri pianeti in posizioni analoghe alla nostra sieno abitati da esseri simili a noi, si riduce a sapere se questi pianeti sieno o non sieno provveduti di identiche atmosfere.

III.

Le osservazioni fatte coll' ajuto del telescopio hanno perentoriamente e chiaramente risolta la quistione di cui si tratta. Non è più difficile il vedere le atmosfere che circondano i pianeti, che vedere le nubi galleggianti al disopra della Terra. Dense atmosfere ravvolgono Venere e Marte: in Venere sopratutto la presenza dell'aria è evidente; e in questo mondo così lontano si discoprono perfino l'alba e il tramonto del giorno. L' atmosfera in Marte non è meno sensibile, giacchè vi si ravvisano le nubi di cui è sparsa.

IV.

L'esistenza incontestabile di nubi alla superficie dei pianeti prova molto più che la semplice esistenza d' atmosfere in questi pianeti; giacchè fa d'uopo d'un'atmosfera per sopportar le nubi, ma non bisogna confondere quella con queste. Le nubi non sono parti costituenti l'atmosfera, più che il limo e la sabbia galleggianti in un fiume fangoso non siano parti costituenti le sue acque. L'acqua sotto l'influenza del Sole e del vento si converte in vapore, il quale, all'istante che abbandona la superficie del liquido, è in generale più leggero, a parità di volume, della parte contigua dell'atmosfera; s' innalza quindi nelle regioni più elevate, ove, sotto l'influenza del freddo e dell'elettricità, ritorna allo stato liquido, ma diviso in così tenui particelle che vi rimane galleggiante, e forma quelle masse semi-opache che si chiamano *nubi* (9). Le nubi adunque realmente non sono altro che acqua meccanicamente divisa quasi all'infinito, ed in modo particolare affetta dall'elettricità.

V.

Allorchè queste piccole particelle si riuniscono in globuli o gocce d'acqua, — il quale effetto può essere prodotto sia dalla temperatura, sia

dall'elettricità che vi esercitino la loro influenza, sia anche da ambedue insieme queste cause, — esse pel loro peso non possono rimanere lungamente sospese; cadono quindi alla superficie de' pianeti sotto forma di *pioggia*; od anche, se il freddo che subiscono è abbastanza intenso da congelarle prima che si raccolgano in gocce, cadono sotto forma di *neve*; ovvero infine, se per istantanea variazione di calorico prodotta da influenze elettriche, le particelle vengono solidificate allo stato di gocce, cadono sotto forma di *gragnuola.*

Così dappertutto ove si manifesti l'esistenza di nubi deve trovarsi dell'acqua, deve operarsi l'evaporazione, deve regnare l'elettricità insieme a' fenomeni da essa ingenerati, devono infine cadere la pioggia, la neve e la grandine.

VI.

Pertanto venti salutari e benefici agitano le atmosfere del gruppo dei mondi al cui centro il nostro Sole presiede, e ne costituisce il comune legame; le onde ne rinfrescano le superficie; l'evaporazione ne modifica le stagioni e i climi; i continenti sono fra loro collegati da oceani e da mari; il commercio vi è promosso dai venti che convertono la superficie delle acque in grandi vie di comunicazione: questi fatti, e le mille conseguenze che per quanto abbiamo detto derivano, ci conducono forzatamente a questa conclusione, cioè: che i diversi globi vennero collocati nel sistema con una destinazione simile a quella della Terra; che sono in realtà il soggiorno di esseri sotto tutti i rapporti assolutamente simili a noi, tanto pei loro più piccoli bisogni fisici, quanto pei grandi vantaggi sociali di cui godono. E tutti questi fatti ci si offrono ora allo spirito strettamente fra loro raggruppati in modo che appena si possono esprimere con ordine chiaro ed intelligibile.

E non sarebbe possibile dall'immediata osservazione distinguere le superficie geografiche dei pianeti, in guisa da potere, dietro un esame diretto, ravvisare le terre, i mari, le montagne, le valli e i diversi accidenti dei terreni?

No. Basta qualche leggerissima considerazione intorno all'argomento in discorso per comprendere tutte le difficoltà che, almeno per la maggior parte dei pianeti, fanno ostacolo ad investigazioni di simil natura. L'esistenza medesima delle atmosfere e delle nubi onde i pianeti sono ravvolti si oppone essenzialmente a qualsivoglia osservazione avente per iscopo di determinare il carattere geografico delle loro superficie; e l'immensa distanza di essi vi oppone un formidabile ostacolo. Però dove circostanze particolari vennero in ajuto alle osservazioni, si potè sotto questo riguardo operar qualche cosa.

VII.

Venere e Marte, i due pianeti del sistema le cui orbite sono le più vicine a quella della Terra, porgono evidentemente maggiore facilità alla diretta osservazione; e per essa, specialmente per quanto concerne Marte si è giunti a tal punto da conoscersi perfettamente, per così dire, i legami d'analogia, per mezzo dei quali i pianeti si rattaccano alla Terra.

VIII.

Nel pianeta Marte vennero nettamente determinate l' esistenza di oceani, di continenti, ed anche la configurazione dei loro contorni; venne distintamente veduta la neve che, durante l'inverno, copre le sue regioni polari; e venne pure rimarcato che questa neve scompare in parte sotto l'influenza dei calori estivi. Quanto a Venere e a Mercurio, e per le nubi onde sono costantemente avvolti questi pianeti, e per le posizioni da essi occupate, non si poterono fare rispetto ad essi simili osservazioni; però si è potuto assicurarsi essere la loro superficie, come quella della Terra, intersecata da catene di monti di considerevole altezza.

IX.

Nel numero delle analogie comprovanti l'attitudine dei pianeti all'abitabilità, per le quali essi vengono congiunti alla Terra con vincoli di parentela, è certo una delle più importanti e delle più interessanti quella che si desume dalla quantità di materia onde i pianeti sono costituiti, in confronto al loro volume o alle loro grandezze. La condizione degli esseri che gli abitano può essere affetta da siffatte relazioni, ed ecco in qual modo.

X.

Tutti gli esseri organizzati animali o vegetali posseggono una certa quantità di forza corporea. Negli animali dotati di locomobilità questa forza corporea è in rapporto al loro peso, all' estensione e alla quantità di moti necessarj al loro benessere sul globo. La struttura degli animali in primo luogo è tale, che per essa abbiano forza di portare e muovere il loro corpo; ma ciò non basta, ed è loro d'uopo

anche una riserva di forza supplementare, perchè possano al bisogno inseguire una preda, cercare il nutrimento, costruirsi una dimora, in una parola soddisfare col proprio lavoro a' proprj bisogni fisici. Nei vegetali invece la forza corporea deve essere tale che per essa possano sopportare il proprio peso, e resistere agli urti esteriori ai quali trovansi esposti, sia da parte dei venti, sia degli altri fenomeni naturali. Ma da che è regolata questa necessaria quantità di forza? Qual' è la resistenza che sopratutto essa deve superare? È il peso dell' animale o del vegetale che determina questa quantità di forza, ed essa deve inoltre essere superiore a questo peso. E il peso che è egli? e da che è prodotto? Il peso non è che il risultato delle attrazioni insieme combinate della somma della materia onde è composto il globo terrestre, le quali attrazioni agiscono sulla materia onde è composto l'animale o il vegetale: così il peso dell'uomo non è altro che la totale attrazione esercitata dal globo sulla materia onde è composto il corpo di questo uomo. Conviene per altro riflettere che questa totale attrazione dipende dalla quantità della materia onde è composto il globo, ed anche da quella legge universale della natura in virtù della quale la forza d'attrazione esercitata dalla materia è tanto maggiore quanto più l'oggetto attratto è vicino al centro della massa attraente (10). Per cui se la materia onde è composto il globo terrestre fosse ridotta alla metà del suo volume attuale, tutti i corpi alla sua superficie, essendo proporzionalmente più vicini al centro, sarebbero con forza maggiore attratti; e se d'altra parte la materia del globo acquistasse un volume più considerevole, la distanza dal centro degli oggetti collocati alla superficie trovandosi proporzionalmente aumentata, la forza d'attrazione diverrebbe pure meno energica. Nel primo caso il peso di tutti i corpi alla superficie del globo aumenterebbe, nel secondo diminuirebbe. Pertanto il peso dei corpi alla superficie della Terra dipende insieme e dalla massa della materia ond' è composta la Terra, e dalla densità di questa materia.

XI.

Da ciò risulta evidente che il rapporto che ordinariamente si osserva esistere fra la forza e il peso degli animali e dei vegetali altro non è in vero che il risultato di un'armonia meravigliosa fra la forza degli esseri organizzati e la massa e la densità del globo su cui vivono. La menoma perturbazione, o la menoma modificazione in questa armonia distruggerebbe l'accordo che vi regna, e renderebbe il globo e i suoi abitanti animali e vegetali stranieri l' uno all' altro. Per-

tanto la somma dell' attrazione, o, per usare un' espressione famigliare, il peso dei corpi alla superficie del globo manifesta l'organizzazione degli esseri su di essa viventi. E da ciò deriva che, affine di ricercare quale sia l'organizzazione probabile degli abitanti degli altri pianeti, dovrebbesi, tra gli altri mezzi, cercare di determinare il peso dei corpi alla loro superficie; al quale scopo la scienza ci somministra pienamente i mezzi. Infatti si conoscono le masse materiali onde risultano formati tutti i pianeti, e ne vennero misurate le grandezze; e per determinare il peso dei corpi situati alla superficie di ognuno d'essi basta appunto considerare le loro masse e le loro grandezze. Il peso di un corpo collocato su di un pianeta è maggiore o minore, a parità di tutte le altre circostanze, del peso di un corpo collocato sulla Terra, secondo che la massa materiale che compone il pianeta è maggiore o minore della massa materiale componente la Terra; inoltre se la distanza della superficie dal centro del pianeta fosse doppia della corrispondente distanza terrestre, il peso del corpo sulla superficie di questo pianeta sarebbe quattro volte minore che sulla Terra; ma se nel medesimo tempo la massa materiale di cui è formato il pianeta fosse sedici volte maggiore della massa materiale di cui è formata la Terra, il peso del corpo su di questo pianeta sarebbe sedici volte maggiore; ora il peso, essendo da una parte sedici volte maggiore, e dall'altra quattro volte minore, risulterebbe in ultimo quattro volte maggiore nel pianeta che sulla Terra. Tali sono i principj seguendo i quali si può calcolare il peso dei corpi alla superficie dei differenti pianeti.

XII.

Alla superficie di Venere il peso dei corpi è pressochè lo stesso di quello che avrebbero alla superficie della Terra; ma in Mercurio e in Marte non equivale che alla metà di quello che avrebbero, se i corpi fossero posti sulla Terra. Segue da ciò, che nel pianeta Venere gli esseri organizzati esigono una forza corporea pressochè eguale a quella degli abitanti della Terra, e che nei pianeti Marte e Mercurio basta loro la metà di questa forza. Le numerose analogie che vennero rese manifeste ci somministrano un alto grado di probabilità, per non dire di certezza morale, per conchiudere che i tre pianeti Mercurio, Venere e Marte, i quali insieme alla Terra sono i meno distanti dal Sole, vennero dal Sovrano Creatore e Regolatore dell' universo così disposti da ricevere, al pari della Terra, degli esseri quasi simili, se non identici, a quelli onde la Terra è popolata.

XIII.

Il sistema solare è costituito dal Sole, globo d'enorme grandezza, la cui relativa posizione è nel centro dei pianeti, e da sessantadue pianeti, i quali circolano intorno ad esso descrivendo circonferenze quasi concentriche.

XIV.

Questi sessantadue pianeti sono caratterizzati da rimarchevoli differenze nella loro relativa posizione e nella loro grandezza, per le quali differenze furono distinti in tre gruppi.

XV.

Il gruppo *interiore* è formato di quattro pianeti: Mercurio, Venere, la Terra e Marte: tutti sono compresi in un cerchio di 150 millioni di miglia (più di 60 millioni di leghe) di raggio; il Sole ne occupa il centro, e la Terra è lontana da questo centro di circa 100 millioni di miglia (circa 40 millioni di leghe di 4 chilometri).

Abbiamo già rimarcato ed ampiamente esposto i fenomeni che avvengono in questi differenti globi, le mutue loro analogie, la probabilità, se non certezza morale, che essi sieno il soggiorno d'esseri simili a quelli che abitano la Terra: ne conviene ora passare allo studio di un altro gruppo di pianeti.

La maniera onde sono distribuiti i sessantadue pianeti intorno al Sole è resa manifesta dalla figura 1: le loro distanze relative vi sono rappresentate secondo la loro scala reale, per quanto ciò si potè fare. Cinquantaquattro di essi si trovano riuniti ad una distanza dal Sole che è (circa) una volta e mezza maggiore della distanza onde ne è separata la Terra, e costituiscono un gruppo a parte, caratterizzato da curiosissimi fatti, che saranno per noi argomento a parlare più avanti.

Fig. 1.

XVI.

I quattro pianeti esteriori, Giove, Saturno, Urano e Nettuno formano l'altro gruppo (il gruppo *esteriore*). Di questi parleremo immediatamente.

XVII.

Le distanze relative di questi pianeti, sia dal Sole, sia fra essi, sia dalla Terra, sono raffigurate nel diagramma (fig. 1); un quinto di pollice (*) vi corrisponde a 100 millioni di miglia (40 millioni di leghe). La distanza di Giove dal Sole essendo nella figura di un pollice, la sua distanza reale è in numeri tondi di 500 millioni di miglia (200 millioni di leghe); la distanza di Saturno essendo di un pollice e otto decimi, quella di Urano di tre pollici e sei decimi, e quella di Nettuno di cinque pollici e cinque decimi, le distanze reali di questi pianeti dal Sole, in numeri tondi come precedentemente, sono in ordine di 360 millioni, 720 millioni e 1120 millioni di leghe.

XVIII.

Quando si consideri che la grandezza apparente del Sole, l'intensità della sua luce e quella del suo calore, diminuiscono secondo una notevole proporzione coll'aumentare la distanza da questo astro, è facile l'intendere come questo corpo, considerato quale distributore di calore e di luce, deve somministrare ai diversi globi di cui si parla delle diverse quantità di tali principj fisici cotanto necessarj, quali sono la luce e il calore. Venne già osservato che il diametro apparente del disco solare è tanto più piccolo quanto maggiore è la distanza dell'osservatore da quest'astro: ora essendo le distanze di Giove, di Saturno, di Urano e di Nettuno in ordine eguali a 5, 9, 18 e 28 volte la distanza della Terra, i diametri apparenti del disco solare, veduti da questi pianeti, saranno $^1/_5$, $^1/_9$, $^1/_{18}$, $^1/_{28}$ del diametro di questo medesimo disco veduto dalla Terra.

Supponiamo adunque che il circolo bianco N T (fig. 2) rappresenti il disco apparente del Sole quale si scorge da un abitante della Terra; J (fig. 3) rappresenterà la sua apparenza per un abitante di Giove, S la sua apparenza per un abitante di Saturno, U per un abitante d'Urano, N per un abitante di Nettuno.

(1) Trattasi qui del pollice inglese *(inch)*, che equivale a $25^{mm}, 399$.

La luce e il calore che l'astro somministrerà a ciascuno di questi pianeti saranno esattamente in proporzione delle superficie apparenti del disco solare; ed essendo le aree o superficie dei circoli come i

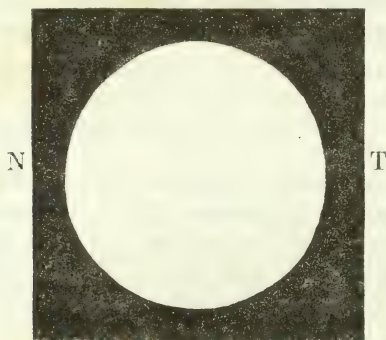



Fig. 2.

Fig. 3.

quadrati dei loro diametri, ne verrà che la luce e il calore solare saranno in Giove 25 volte, in Saturno 81 volte, in Urano 324 volte e in Nettuno 784 volte minori che sulla Terra: questi numeri non sono strettamente esatti, ma bastano all' intelligenza del ragionamento.

XIX.

Ma questi globi sono essi abitati? Dall'esposte cifre è d'uopo riconoscere che la luce e il calore solari vi sarebbero tanto indeboliti per effetto della distanza, che l'esistenza di esseri organizzati vi sarebbe impossibile, almeno per quanto riguarda il più distante di questi globi, Nettuno. Bisogna per altro considerare che la luce solare vi potrebbe essere la stessa come sulla Terra; e ciò avverrebbe, tanto nel caso che gli abitanti avessero la pupilla degli occhi più larga proporzionalmente alla diminuzione della grandezza superficiale apparente del disco solare, quanto nel caso che la sensibilità della retina fosse aumentata nella medesima proporzione.

Parimenti quanto alla diminuzione del potere calorifico dei raggi solari derivante dall'indebolimento della loro densità, essa potrebbe essere compensata da una modificazione nelle condizioni atmosferiche; a quella maniera che sulle montagne dei tropici s'incontrano alle diverse altezze dal livello del mare fino al limite delle nevi perpetue tutti i climi, nessuno eccettuato, a malgrado che l'intensità dei raggi solari rimanga sempre la stessa.

Questi argomenti furono già tanto studiati da riescire inutile il fermarvisi ancora di più.

Riassumendo pertanto sembra che, malgrado l'immensità delle distanze di questi globi dal Sole, confrontate a quella onde la Terra ne è separata, malgrado l'enorme perdita che devono subire la luce e il calore ad essi inviato dal Sole, non possiamo per nulla conchiudere che questi globi siano il soggiorno di creature affatto differenti da quelle onde la Terra è popolata.

XX.

Ciò che più colpisce nel gruppo dei pianeti che ora stiamo esaminando, e sopratutto lo distingue dalla Terra e dai tre altri pianeti che formano il gruppo terrestre o interiore, è la grandezza comparativamente più considerevole di questi globi. L'effettivo diametro della Terra è in numeri rotondi di 8000 miglia (circa 3200 leghe); quello di Giove è di 88000 miglia (35398 leghe); quello di Saturno di 75000 miglia (29566 leghe); quello di Urano di 35000 miglia (13828 leghe); e quello di Nettuno di 37500 miglia (15262 leghe). Il diametro di Giove in conseguenza è 11 volte il diametro della Terra; quello di Saturno ne è 9 volte e $^1/_2$, quello di Urano 4 volte e $^1/_3$, quello di Nettuno 4 volte e $^3/_4$.

Ma i volumi o le masse dei globi essendo nella ragione dei cubi dei loro diametri, ne segue che i volumi di Giove, di Saturno, di Urano e di Nettuno, sono rispettivamente eguali a 1330 volte, 857 volte, 88 volte e 107 volte quello della Terra.

Per meglio comprendere questi immensi rapporti si sono rappresentati questi globi nelle figure qui unite. Supponendo che T (fig. 4) rappresenti la Terra, il globo di Giove sarà rappresentato nella medesima scala da J, quello di Saturno da S, quello di Urano da U e quello di Nettuno da N.

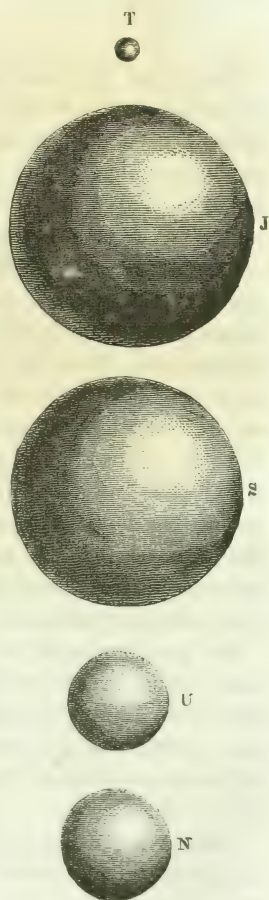



Fig. 4.

XXI.

Se questi pianeti sono globi abitati analoghi alla Terra, avranno popolazioni maggiori di quella della Terra nello stesso rapporto delle loro superficie; e siccome le superficie dei globi sono in ragione dei quadrati dei loro diametri, Giove avrebbe per contenere degli abitanti uno spazio 121 volte maggiore di quello della Terra, Saturno uno spazio 90 volte maggiore, Urano 18 volte e Nettuno 23 volte.

XXII.

Sorge qui per altro una difficoltà. Questa differenza enorme che si manifesta fra le grandezze dei pianeti in discorso e la grandezza della Terra, non trarrebbe seco conseguenze fisiche incompatibili coll'ipotesi che questi pianeti al pari della Terra sieno dovunque abitabili?

Non vi è che una sola conseguenza di simil natura che sia ammissibile, ed è la differenza che ne deriverebbe negli effetti della gravità (11), per cui potrebbe accadere che in questi pianeti esseri organizzati come quelli delle specie terrestri non potrebbero vivere. Infatti sulla Terra la forza media di un uomo è adattata e combinata in modo da poter esso sostenere un corpo il cui peso medio sia di 150 libbre, conservando piena libertà di moto e d'azione; la forza di un cavallo è tale che esso può sostenere e muovere un corpo il cui peso medio è di ½ tonnellata (circa 1015 libbre); ed analogamente per tutti gli altri animali. Nei vegetali la forza dei fusti e dei tronchi è similmente adatta e conforme al loro peso. E finalmente anche i materiali adoperati nelle nostre costruzioni hanno una forza proporzionale al loro peso.

Se questi animali, se questi vegetali e se queste costruzioni fossero istantaneamente trasportati alla superficie di un pianeta ove il loro peso reale si trovasse più volte moltiplicato, non solo gli animali non potrebbero più muoversi, ma tutto, e animali e vegetali e costruzioni, sarebbero schiacciati e stritolati sotto l'enorme pressione del loro peso.

Nell'esame della quistione che ci occupa è adunque della più alta importanza il cercare, se per le immense grandezze dei pianeti di cui si compone il *gruppo esterno* (Giove, Saturno, Urano, e Nettuno),

può derivare sui corpi collocati alle loro superficie un tale aumento di peso da riescire asolutamente impossibile qualsiasi analogia fra essi e la Terra sotto il riguardo dell'abitabilità. Posta questa obbiezione, eccone la risposta.

Il peso dei corpi alla superficie d' un globo dipende insieme e dalla quantità di materia di cui è composto questo globo e dalla distanza dei corpi medesimi dal suo centro, la quale distanza non è altro che il raggio o semi-diametro del globo stesso. Maggiore sarà la quantità di materia componente il globo, più energica sarà l' attrazione che eserciterà sul corpo posto ad una certa distanza dal suo centro; ma questa attrazione sarà tanto meno energica, quanto maggiore sarà la distanza del corpo, mentre la forza d'attrazione scema nella ragione del quadrato della distanza.

XXIII.

Applichiamo questi principj ai grandi pianeti, per esempio a Giove.

Si è veduto essere il volume di Giove di 1330 volte il volume della Terra. Se i materiali di cui è formato Giove sono analoghi a quelli onde risulta costituita la Terra, la sua massa, o ciò che è lo stesso, la sua quantità di materia sarà 1330 volte maggiore che quella della Terra; e per conseguenza l'attrazione che eserciterà su di un corpo sarà 1330 volte più energica che quella che eserciterebbe la Terra sul medesimo corpo, ben inteso nella supposizione che in Giove come sulla Terra il corpo di cui si tratta sia *ad eguale distanza dal centro del pianeta.*

Il corpo d'un uomo ordinario posto sulla superficie della Terra, e perciò ad una distanza dal centro di questo pianeta eguale al suo semi-diametro, è attratto verso questo centro da una forza di 150 libbre; e lo stesso corpo posto ad un'eguale distanza dal centro di Giove, sarebbe, nell'ipotesi precedente, attratto con una forza di 1330 volte 150 libbre, ovvero di 199500 libbre. Ma i corpi posti sulla superficie di Giove sono ad una distanza dal suo centro undici volte più grande che il raggio o semi-diametro della Terra, poichè il semi-diametro di Giove è più grande di quello della Terra nel rapporto di 11 a 1; e ne segue che, se il corpo di un uomo ordinario fosse collocato sulla superficie di Giove, l'attrazione esercitata su questo corpo sarebbe meno energica, e ciò nel rapporto del quadrato di 11 a 1, cioè nel rapporto di 121 a 1. Converrebbe adunque istituire il calcolo seguente:

Peso d'un uomo alla superficie della Terra . . . 150 libbre.

Peso d'un uomo collocato in Giove ad una distanza dal centro eguale al semi-diametro della Terra . . . 150×1330

Peso d'un uomo alla superficie stessa di Giove, vale a dire ad una distanza dal centro di questo pianeta undici volte maggiore che nel caso precedente . . . $\frac{150 \times 1330}{121}$

Completiamo queste operazioni aritmetiche moltiplicando 150 libbre per 1330, e dividendo il prodotto che ne ne risulta per 121; otterremo 1648 libbre.

Ne deriva pertanto la conseguenza che, se i materiali onde è costituito il pianeta Giove sono simili a quelli della Terra, il peso d'un uomo alla sua superficie sarà più grande che alla superficie della Terra nel rapporto di 1648 a 150, ossia di circa 11 a 1; e naturalmente il peso di tutti i corpi vi sarà più considerevole nel medesimo rapporto.

È evidente che, sebbene un tale stato di cose non renda in alcuna guisa impossibile l'abitabilità di Giove, ciò non pertanto è per esso assolutamente necessario l'ammettere che il mondo organico in questo pianeta sia totalmente diverso da quello che si osserva sulla Terra.

Ma i materiali onde è costituito Giove sono essi simili a quelli della Terra? Se non lo sono, la conclusione alla quale siamo giunti deve subire delle modificazioni. Tutta la questione sta nel determinare la quantità reale di materia attrattiva costituente questo enorme pianeta in confronto alla quantità di materia attrattiva costituente la Terra; e se si potessero determinare le attrazioni che Giove e la Terra eserciterebbero su corpi posti ad eguali distanze dall'uno e dall'altro pianeta, risulta chiaro che queste attrazioni rappresenterebbero le vere quantità di materia attrattiva onde i due globi sono costituiti.

Per mezzo di una semplicissima operazione aritmetica si arriva a questo risultato. La Luna ad ogni mese compie nella sua orbita una rivoluzione attorno alla Terra; essa è ritenuta in quest' orbita dalla forza d'attrazione della massa di materia attrattiva onde è costituita la Terra; e se questa massa fosse più considerevole, la Luna compirebbe più prestamente la sua rivoluzione, se fosse meno considerevole, la compirebbe più lentamente. La velocità del suo moto indica adunque la quantità di materia attraente onde è costituita la Terra.

Giove non è, come la Terra, accompagnato da una sola luna, ma da quattro. Ciascuna di queste quattro lune è ritenuta nella propria orbita intorno a Giove dall'attrazione della massa attraente di cui

è costituito questo pianeta. Se una di queste quattro lune o satelliti si trovasse ad una distanza dal centro di Giove esattamente eguale a quella della Luna dal centro della Terra, dal moto di questo satellite si giungerebbe a conoscere se la quantità di materia costituente Giove è maggiore o minore della quantità di materia costituente la Terra; giacchè se il satellite di Giove, trovandosi ad egual distanza dal pianeta, si movesse più velocemente di quello della Terra, la massa di Giove sarebbe maggiore di quella della Terra, e se si muovesse più lentamente, la massa di Giove sarebbe minore di quella della Terra.

Quantunque tutti i satelliti di Giove siano più distanti dal centro di questo pianeta che non sia la Luna dal centro della Terra, il meno lontano di questi satelliti non lo è di molto. Ma questo satellite compie la sua rivoluzione intorno a Giove in 42 ore, mentre quello della Terra, sebbene un poco più vicino alla massa attraente, impiega quasi 656 ore a compiere la sua rivoluzione.

È chiaro pertanto, che la massa attraente onde Giove è costituito dev'essere assai più considerevole di quella ond'è costituita la Terra.

Avendo riguardo alla differenza fra le distanze dei due satelliti dai centri dei rispettivi pianeti, tenendo scrupoloso conto del rapporto delle loro velocità, si è trovato che la massa materiale attraente ond'è costituito Giove è eguale a 338 volte e mezza la massa della Terra; il che significa che, se in uno dei piatti di una bilancia fossero collocati 338 globi eguali alla Terra, e sull'altro piatto fosse posto il solo globo di Giove, i due piatti rimarrebbero perfettamente in equilibrio.

XXIV.

Da ciò deriva una conseguenza molto singolare. Si è veduto che il volume di Giove è 1330 volte maggiore di quello della Terra, per modo che farebbe d'uopo fondere in una sola massa 1330 globi eguali alla Terra per ottenere un globo eguale a Giove; mentre 338 $^1/_2$ globi eguali alla Terra basterebbero per fare un globo del peso di quello di Giove. È quindi evidente che, a parità di volume, la materia onde è costituito Giove è più leggera di quella onde è costituita la Terra, e ciò nel rapporto di 338 $^1/_2$ a 1330, o, ciò che torna lo stesso, nel rapporto di 4 a 1.

Fu dimostrato che la Terra ha un peso eguale a 5 volte e $^1/_2$ il peso d'un globo eguale d'acqua; ne segue adunque che Giove è più pesante rispetto ad un egual globo d'acqua, ma nel rapporto molto minore di 5 $^1/_2$ a 4, ossia di 1 $^3/_8$ a 1.

Si è parimenti fatto vedere che, se Giove fosse costituito di materia simile a quella della Terra, il peso dei corpi alla sua superficie sarebbe 11 volte maggiore che alla superficie della Terra. Ma siccome è costituito di materia 4 volte più leggera di quella della Terra, così il peso dei corpi alla sua superficie sarà quattro volte minore di quello che precedentemente venne loro attribuito; sarà perciò 2 volte e $^3/_4$ soltanto maggiore che sulla superficie della Terra.

Sembra pertanto che, avuto riguardo alla leggerezza comparativa della materia ond'è costituito questo globo immenso, l'attrazione che esso esercita sui corpi collocati alla sua superficie, quantunque più energica di quella che si esercita sulla superficie della Terra, non differisca per altro dalla gravità terrestre al punto d'essere necessaria a' suoi abitanti un'organizzazione affatto diversa, ovvero da poter venire assolutamente negata l'analogia e il rapporto che esiste tra esso e la Terra.

XXV.

Il peso di ognuno degli altri tre pianeti del gruppo esterno, i quali pure posseggono delle lune o satelliti, si può ottenere e raffrontare col peso della Terra, paragonando, come nel caso di Giove, i moti dei loro satelliti col moto del satellite terrestre: tenendo conto delle differenze fra le distanze, le attrazioni che questi pianeti eserciteranno individualmente, confrontate coll'attrazione esercitata dalla Terra, esprimeranno le quantità relative di materia attraente confrontate a quella della Terra.

Così operando si ottiene che il peso di Saturno è 101 volte quello della Terra, quello di Urano ne è 14 volte e $^1/_4$, e quello di Nettuno 19 volte. — In altre parole, mentre il volume di Saturno è 857 volte maggiore di quello della Terra, il suo peso non ne è che 101 volta maggiore: e per conseguenza questo pianeta, sotto egual volume, è più leggero della Terra nel rapporto di 101 a 857, ossia di 1 a 8 $^1/_2$.

Parimenti, mentre il volume d'Urano è 82 volte maggiore di quello della Terra, il suo peso ne è solamente maggiore di 14 volte e $^1/_4$; e per conseguenza questo pianeta, a parità di volume, è più leggero della Terra nel rapporto di 14 $^1/_4$ a 82, ossia di 1 a circa 6.

Finalmente, mentre il volume di Nettuno è 107 volte maggiore di quello della Terra, il suo peso ne è solamente 19 volte maggiore; e per conseguenza, a parità di volume, questo pianeta è più leggero della Terra nel rapporto di 19 a 107, o presso a poco di 1 a 6 come per Urano.

Fu dimostrato che la Terra, ad eguale volume, è 5 volte e $^1/_2$ più pesante che l'acqua. Ne segue pertanto che Saturno, essendo, a parità di volume, 8 volte e $^1/_2$ più leggero della Terra, è, sotto egual volume, più leggero dell'acqua nel rapporto di 5 $^1/_2$ a 8 $^1/_2$, ossia di 1 a 1 $^1/_2$. — Similmente Urano e Nettuno, essendo, ad egual volume, circa 6 volte più leggeri della Terra, devono essere costituiti di materie le quali siano, ad egual volume, di egual peso dell'acqua medesima.

Il peso di Giove, a parità di volume, è eguale a quello di certi legni compatti, quale il *Lignum vitæ* (ebano), e quello di Saturno è eguale al peso di legni più leggeri come l'abete.

XXVI.

Il peso dei corpi situati alla superficie di Saturno, d'Urano e di Nettuno, si determina per mezzo del confronto delle masse di questi pianeti colle loro grandezze, come nell'esempio di Giove; e si trova così che il peso di questi corpi non differisce di molto da quello che avrebbero alla superficie della Terra. In Saturno ne sarebbe d'alcun poco maggiore, in Nettuno d'alcun poco minore.

XXVII.

Sembrerebbe adunque che, se i pianeti sono abitati, l'organizzazione animale e vegetale qual'è sulla Terra sarebbe sufficiente per assicurare ai loro abitanti il medesimo grado, o presso a poco, di stabilità e libertà di locomozione che noi stessi possediamo. In una parola un uomo trasportato dalla Terra in Saturno, in Urano o in Nettuno, poco s'accorgerebbe del suo traslocamento; le sue facoltà d'azione e di moto vi si eserciterebbero come sulla Terra; gli alberi vegetali vi conserverebbero la stabilità che hanno qui sulla Terra, e le nostre costruzioni vi sarebbero solide e durevoli.

XXVIII.

L'importanza dell'atmosfera in tutte le funzioni della vita animale e della vita vegetale, la sua utilità nel diffondere la luce, nel conservare e disseminare il calore, sono state ampiamente esposte. L'esistenza d'un'atmosfera in un pianeta fu veduto essere una condizione essenziale e necessaria perchè questo pianeta potesse essere in tutto paragonato alla Terra quanto all'abitabilità.

Il telescopio rivela la presenza d'atmosfere in Saturno e in Giove;

giacchè vi si veggono nubi galleggianti in densi gruppi, e tanto densi e continui da sottrarre alla vista il carattere geografico di questi pianeti. — Urano e Nettuno sono troppo lontani perchè col mezzo del telescopio, quale si ha attualmente, si possano ottenere osservazioni egualmente precise; ma è probabilissimo che, quando il potere di questro istrumento sarà aumentato, si scopriranno delle atmosfere anche in questi pianeti.

XXIX.

Avuto riguardo a questa circostanza di nubi continuamente sparse intorno ai pianeti di cui ora parliamo, si potrebbe credere non essere possibile il riconoscere se questi pianeti ruotino, come la Terra, intorno ad un asse, e se, per conseguenza, essi abbiano come la Terra dei giorni e delle notti.

Ma non si è precedentemente veduto che l'atmosfera della Terra e le nubi che la circondano partecipano del moto di rotazione diurna, e che, se l'atmosfera fosse perfettamente calma pel corso di 24 ore, i diversi gruppi di nubi che vi stanno, essendo sempre sospesi al disopra dei medesimi punti della superficie terrestre, sarebbero insieme all'atmosfera trasportati all'intorno di questa? Non è dunque manifesto, che allora anch'essi compirebbero una rotazione intorno all'asse comune precisamente nel medesimo tempo dello stesso globo terrestre?

Suppongasi d'altra parte che un osservatore venisse trasportato in uno dei pianeti di cui ragioniamo, per esempio, nel più vicino. Se questi dirigesse verso alla Terra un telescopio di bastante forza d'ingrandimento, che vedrebbe egli? Sebbene non potrebbe distinguere le configurazioni delle terre e delle acque, mentre le nubi avviluppano il globo da tutte le parti, vi distinguerebbe almeno i gruppi delle nubi medesime per mezzo del contrasto di luce ed ombra da esse prodotto, e le vedrebbe circolare trasportate dalla rotazione diurna, scomparendo da una parte e ricomparendo dall'altra. Egli si troverebbe in grado pertanto non solo di constatare il fatto stesso della rotazione diurna della Terra, ma altresì la durata della rotazione (la quale sarebbe l'intervallo compreso tra due successive disparizioni o riapparizioni delle stesse linee di luce ed ombra), e inoltre la direzione dell'asse di rotazione, la qual direzione farebbe angoli retti con quella del moto apparente di rotazione.

Ora simili fenomeni vennero precisamente osservati in Giove e in Saturno. I gruppi di nubi le cui luci ed ombre screziano le superficie di questi pianeti, sebbene più o meno cangianti e variabili.

sembrano talvolta immobili, come se l'atmosfera fosse perfettamente calma e in riposo; e ciò avviene per intervalli di tempo bastantemente lunghi, perchè un osservatore armato di telescopio possa vedere egli stesso i punti scomparire da una parte del disco e ricomparire dall'altra, e, attraversando un'altra volta questo disco, scomparire di nuovo. — Non sono queste conseguenze evidenti della rotazione di questi pianeti intorno ad un asse posto ad angoli retti colla direzione di questo moto apparente?

Per mezzo di osservazioni di questa natura, ripetute e continuate per lunghi periodi di tempo, si potè giungere a questa scoperta, che Giove ruota intorno ad un certo diametro o asse, possiede quindi un moto diurno, e compie una rivoluzione in 9 ore 55 minuti 26 secondi; che Saturno ruota parimenti, e, ciò che è più rimarchevole, in un tempo presso a poco eguale al tempo della rotazione di Giove. La rotazione di Saturno si compie in 10 ore 29 minuti 17 secondi.

Capitolo terzo.

I. Rotazione diurna d'Urano. — II. Inclinazione degli assi e limiti delle stagioni nei grandi pianeti. — III. Zone e climi di Giove. — IV. Zone e climi di Saturno. — V. Brevità dei giorni e delle notti nei grandi pianeti. — VI. Leggerezza delle loro parti costituenti. — VII. I loro mari e i loro oceani devono essere costituiti di un liquido più leggero dell'acqua. — VIII. Anni di Giove, di Saturno e di Urano. — IX. Effetti della rotazione diurna sulla distribuzione delle nubi. — X. Questi effetti sono più rimarchevoli nei grandi pianeti. — XI. Sono resi manifesti dalle fasce. — XII. Aspetto di Giove al telescopio. — XIII. Apparenze telescopiche di Giove, secondo Herschel e Madler. — XIV. La forma di Giove è ellittica. — XV. Scoperta delle lune di Giove. — XVI. Brevità de'suoi mesi. — XVII. Suoi ecclissi di luna. — XVIII. Aspetto dei satelliti di Giove veduti col telescopio. — XIX. Aspetto di Saturno. — XX. Sistema di Saturno. — XXI. Sua atmosfera e sue lune.

I.

Quanto a Urano non vennero ancora fatte osservazioni soddisfacenti e concludenti al pari di quelle esposte; malgrado però l'insufficienza delle osservazioni su ciò che riguarda questo pianeta, è assai probabile che ruoti anch'esso intorno ad un asse in 9 ore e mezza.

Così adunque tutti quest'immensi globi, situati a distanze dal Sole da 5 a 30 volte maggiori di quella della Terra, hanno come la Terra un moto di rotazione, e perciò dei giorni e delle notti; tutte le parti delle loro superficie si presentano successivamente, come quelle della Terra, al centro comune della luce e del calore; e solamente l'intervallo che regola l'alternarsi dei giorni e delle notti, *questa separazione della luce dalle tenebre,* che la bontà di Dio giudicò buona per le razze terrestri, non venne giudicata *buona* per le razze che abitano questi globi lontani. In questi pianeti la lunghezza media del giorno è di circa 5 ore, mentre è di 12 sulla Terra.

Per conseguenza le creature che li popolano devono essere così costituite d'aver bisogno di più frequenti periodi pel riposo e pel sonno, e di periodi più brevi per la veglia, pel lavoro e per l'attività, di quelli che abbisognano alle creature terrestri.

II.

La posizione dell'asse di rotazione è stata determinata per Giove e per Saturno, ma non è stata ancora determinata per gli altri due pianeti del medesimo gruppo.

L'asse di Giove è inclinato al piano della sua orbita in maniera da formare un piccolissimo angolo di 3° 5′ 30″, mentre la Terra ha un'inclinazione di 23° 28′ 30″.

Siccome da questa inclinazione vengono determinate le temperature delle diverse stagioni, l'estensione delle zone e le varietà dei climi, ne avviene che in Giove questi fenomeni devono essere assai differenti che sulla Terra. La variazione dell'altezza del sole a mezzodì non può oltrepassare i 6 gradi a qualunque latitudine, e per conseguenza non può essere molto sensibile la variazione delle temperature corrispondenti alle diverse stagioni. Regna pertanto dovunque in questo pianeta una perpetua primavera.

III.

I tropici di Giove si trovano a soli tre gradi verso nord e verso sud dal suo equatore; e i circoli polari (12), che comprendono quelle sole parti del pianeta per le quali il Sole rimane al di sopra o al di sotto dell' orizzonte durante un' intiera sua rotazione, sono a tre gradi di distanza dai poli.

In una parola i fenomeni diurni sono in Giove per tutti i tempi presso a poco i medesimi che sulla Terra all'epoca degli equinozj.

IV.

Saturno offre più stretta analogia colla Terra. La direzione del moto diurno in questo pianeta forma col piano della sua orbita un angolo che poco differisce da quello che l'eclittica forma coll'equatore terrestre, un angolo cioè di 26° 48′ 40″. Le stagioni di Saturno, le sue zone e i suoi climi sono perciò assolutamente simili a quelli della Terra; e i fenomeni tropicali e polari sono parimente gli stessi.

Giova sperare che, pei recenti miglioramenti recati da lord Rosse nella costruzione dei telescopii a riflessione, potranno gli osservatori determinare le posizioni degli assi di Urano e Nettuno, e la durata della rotazione di quest' ultimo pianeta.

V.

Dalle scoperte finora fatte sembrerebbe che il carattere più pronunciato, pel quale il gruppo terrestre si distinguerebbe dal gruppo dei grandi pianeti, sarebbe una velocità di rotazione comparativamente maggiore, per cui deriverebbero intervalli più brevi di luce e di tenebre.

VI.

Un altro carattere distintivo è la comparativa leggerezza della materia onde è costituito questo medesimo gruppo. Ricordiamoci che nelle nostre dissertazioni sul gruppo terrestre abbiamo mostrato, che la densità della materia onde si compongono la Terra, Venere, e Marte è pressochè eguale in questi tre pianeti, essendo essa di circa 5 volte e $^1/_2$ la densità dell'acqua, per cui essa equivale presso a poco a quella del minerale di ferro; mentre la densità di Mercurio è eguale a quella dell' oro. Al contrario sembra che la densità di Giove superi di pochissimo quella dell'acqua, che le densità di Urano e di Nettuno siano eguali precisamente a quella di questo liquido, mentre Saturno sarebbe sì leggero che potrebbe galleggiare sull'acqua come un globo di abete.

Fra i meravigliosi risultati ai quali giunse la sagacia dell' uomo non è certo il meno sorprendente quest'analisi rigorosa alla quale vennero sottoposti dei mondi tanto distanti, e per mezzo della quale possiamo esprimerci colla massima certezza intorno ad uno almeno dei caratteri fisici delle loro parti costituenti; che anzi in molti casi la scienza andò ancora più oltre, ed ha mostrato che le densità di Giove e di Saturno non possono essere uniformi, ma che devono gradatamente andar crescendo, come quella della Terra, dalla superficie al centro; pel qual fatto risulta che la densità media della materia superficiale di questi pianeti dev' essere assai minore di quella dell' acqua.

VII.

In conseguenza di ciò i loro oceani, e i loro mari si compongono di un liquido molto più leggero dell'acqua. In Giove i calcoli dimostrano che questo liquido dev' esser tre volte più leggero dell' etere solforico, che è il più leggero dei liquidi conosciuti, e tale in una parola che il sughero potrebbe appena galleggiarvi.

VIII.

La rapida rotazione di questi pianeti, insieme alla durata considerevole della loro rivoluzione intorno al Sole, fanno sì che i loro anni sieno composti di un gran numero di giorni. L' anno di Giove è eguale a circa 12 anni terrestri, o più esattamente a 4,332 $^6/_{10}$ dei nostri giorni. Ma siccome i giorni in Giove sono più brevi dei giorni terrestri (nel rapporto di 1 a 2,42), ne segue che l' anno di Giove si compone di 10,485 giorni di Giove.

L'anno di Saturno è eguale a 29 $^{1}/_{2}$ anni terrestri, o più esattamente a 10,759 giorni terrestri; e siccome il giorno di Saturno è più breve del giorno terrestre (nel rapporto di 1 a 2,3), ne segue che l'anno di Saturno si compone di 24,746 giorni di Saturno.

Così ognuna delle stagioni di Saturno, — primavera, estate, autunno, inverno, — è della durata di 7 anni e 6 mesi terrestri.

L'anno di Urano equivale a 84 anni terrestri, o a 30,687 giorni terrestri; ed essendo il giorno di Urano, secondo ogni probabilità, più breve del giorno terrestre nel rapporto di 1 a 2 $^{526}/_{1000}$, ne segue che l'anno di Urano si compone di 77,336 giorni di Urano.

Se l'asse di Urano fosse inclinato al piano della sua orbita come quello di Saturno, le stagioni di questo pianeta sarebbero simili a quelle della Terra; ma la loro durata ne sarebbe assai diversa, giacchè la lunghezza di ognuna di esse abbraccerebbe 21 anni terrestri, ossia 19,334 giorni di Urano.

IX.

Una delle più rimarchevoli conseguenze meteorologiche dovute alla rotazione diurna della Terra è il sistema delle correnti atmosferiche, che nell'uno e nell'altro emisfero si dirigono in generale parallelamente all'equatore, e che per la loro permanenza e per la regolarità che conservano alle minori latitudini, in tutti i tempi, da quando le navi cominciarono a solcare i mari, valsero a facilitare le relazioni commerciali, tanto da meritarsi il nome di *trade winds* (venti del commercio) o venti alisei. Questi fenomeni e le loro cause fisiche verranno più a lungo spiegate in un'altra parte di quest'opera, mentre qui giova soltanto chiamare l'attenzione sugli effetti che da essi si producono sugli strati superiori dell'atmosfera.

È evidente che le correnti di cui qui si parla devono avere una tendenza generale a disporre gli strati di nuvole in linee o fasce, le quali sieno più o meno pronunciate secondo la loro intensità e regolarità, ma sempre parallele all'equatore. Se queste correnti aeree fossero molto più intense, molto più permanenti e regolari, e se le nubi medesime fossero molto più voluminose e permanenti che non lo sono, è facile l'intendere che la disposizione delle nubi in fasce o strati posti ad angolo retto coll'asse terrestre (13), sarebbe proporzionalmente più pronunciata, più regolare, più permanente.

La rapidità colla quale il globo terrestre e la sua atmosfera sono trasportati in giro intorno all'asse terrestre, e l'influenza del calore solare sulla zona atmosferica delle regioni equatoriali, sono, per quanto crediamo, la duplice causa delle correnti.

Se la rapidità colla quale è trasportata l'atmosfera fosse molto più grande, e se l'atmosfera fosse più costantemente e più abbondantemente sparsa di nubi, questi effetti sarebbero molto più sensibili.

La rapidità colla quale l'atmosfera è trasportata sarebbe più considerevole se la rotazione della Terra si compiesse più rapidamente; ma avverrebbe lo stesso se, rimanendo qual è attualmente la velocità della rotazione, la Terra fosse più voluminosa; giacchè ogni punto dell'atmosfera verrebbe allora a descrivere nello stesso intervallo di tempo una circonferenza proporzionalmente maggiore. Ma se l'una e l'altra di queste due condizioni fossero nel medesimo tempo adempiute; vale a dire se la Terra ruotasse più rapidamente intorno al proprio asse, e nel medesimo tempo costituisse un globo più considerevole, l'atmosfera non solamente sarebbe trasportata intorno al pianeta in un tempo meno lungo, ma inoltre ciascun suo punto descriverebbe una circonferenza maggiore.

X.

E ciò è quanto precisamente avviene nei grandi pianeti. Ognuno di questi, Giove, Saturno e Urano, compie circa cinque rivoluzioni intorno al proprio asse nel tempo che la Terra ne compie due; inoltre la circonferenza di Giove all'equatore è 11 volte maggiore della circonferenza della Terra, quella di Saturno ne è 9 volte maggiore, e quella di Urano ne è oltre a 4 volte maggiore.

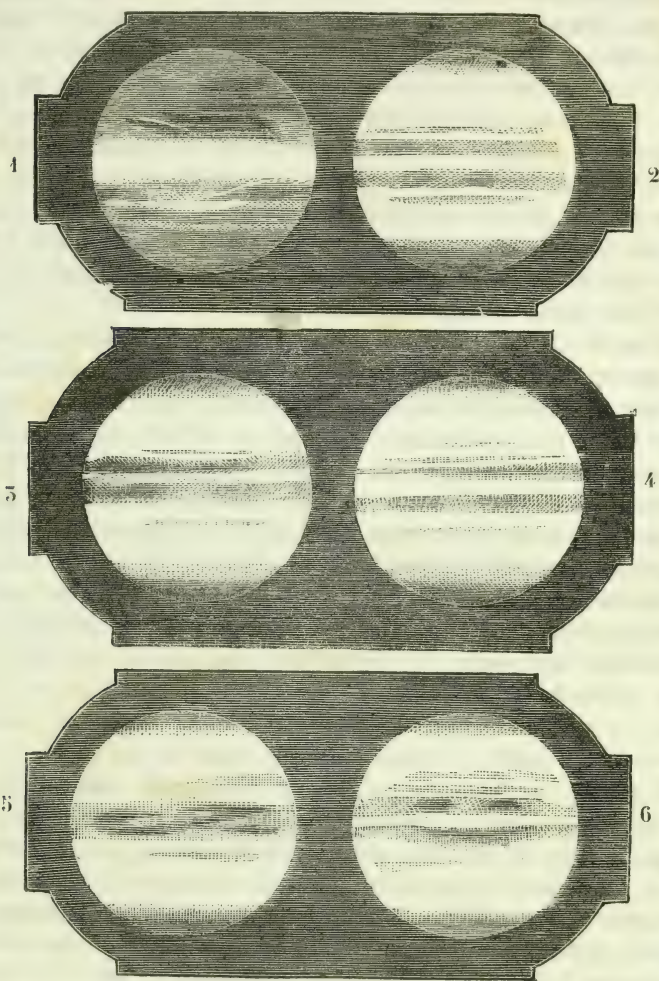
La velocità colla quale la zona equatoriale dell'aria è trasportata intorno a Giove è per conseguenza 27 volte maggiore, intorno a Saturno 23 volte maggiore, ed intorno ad Urano circa 7 volte maggiore che non lo sia intorno della Terra.

Le osservazioni telescopiche mostrano anche, come abbiamo detto precedentemente, che le atmosfere di questi pianeti sono così dense e così costantemente cariche di nubi, che le superficie solide degli stessi pianeti ci restano sempre nascoste.

Si può pertanto conchiudere che in questi pianeti il predominio di correnti atmosferiche parallele ai loro equatori dev'essere molto più costante, molto più pronunciato che sulla Terra; e siccome le masse di nubi onde essi sono caricati sono molto più considerevoli, molto più permanenti, gli effetti delle correnti per disporre le nubi in istrati o fasce equatoriali devono essere molto più sensibili.

XI.

L'osservazione ha confermato questa congettura in una maniera assai rimarchevole e interessante; e a persuadersene basta gettare uno

sguardo sulle sei vedute telescopiche di Giove rappresentate colle figure dalla 1 alla 6, che vennero incise sui disegni telescopici d'Herschel e di Madler.

Sei vedute telescopiche di Giove.

1. 23 settembre 1832. — 2. 23 dicembre 1834. — 3. 23 dicembre 1834. — 4. 2 gennajo 1835. — 5. 16 gennajo 1836. — 6. 17 gennajo 1836.

Le fasce parallele all' equatore di Giove sono veramente sorprendenti: esse vennero distinte poco dopo la scoperta del telescopio, e ricevettero appunto il nome di *fasce di Giove.*

Giove è fra tutti i corpi del sistema, tranne forse la Luna, quello che offre all'osservatore lo spettacolo più grandioso; giacchè, malgrado la sua enorme distanza, è tale la sua prodigiosa grandezza che lo si vede sotto un angolo visuale quasi doppio di quello sotto cui si vede Marte. Mediante un telescopio di una data forza lo si può vedere con un disco quattro volte più considerevole; esso ha perciò subìto l'esame dei più eminenti osservatori, e le sue apparenze vennero descritte coi più completi particolari. Il suo diametro apparente nell' opposizione (cioè quando passa pel meridiano a mezzanotte) è eguale a circa la quarantesima parte di quello della Luna; e ne risulta che un telescopio dotato di una forza d'ingrandimento di quaranta volte lo presenta all'osservatore con un disco eguale a quello della Luna piena veduta ad occhio nudo.

Per mezzo di un telescopio dotato di una forza d'ingrandimento di sole quattro o cinque volte si può vedere il pianeta con un disco sensibile; per mezzo di un ingrandimento di trenta volte veggonsi le sue fasce più pronunciate; per mezzo di un ingrandimento di quaranta volte vedesi il pianeta con un disco grande quanto la Luna piena veduta ad occhio nudo: ma per iscorgere le fasce più delicate, più staccate, e che si estendono a distanze più grandi dall'equatore, bisogna che non solo il pianeta sia esaminato in circostanze favorevoli di posizione e di atmosfera, ma è d' uopo ricorrere ad un eccellente telescopio la cui forza d'ingrandimento sia da due cento a trecento volte.

Il pianeta così veduto ci appare con un disco di una tinta giallastra molto brillante vicino all'equatore e volgente al grigio verso i poli, conservando però qualche cosa della sua tinta gialla. Su questo fondo giallo si distaccano delle fasce di un grigio intenso, simili per la loro forma e per la loro disposizione alle fasce di nubi che si osservano tanto frequentemente in cielo in una sera bella e tranquilla dopo il tramonto del Sole. La direzione generale di queste fasce è parallela all'equatore del pianeta, salvo qualche eccezione; non sono però tutte egualmente evidenti ed egualmente pronunciate. Due di esse sopratutto sono generalmente sensibili, e queste si trovano una al nord l'altra al sud dell'equatore, separate da una zona luminosa gialla, che fa parte del fondo medesimo del disco. Queste fasce principali si stendono d'ordinario intorno al pianeta, e si mostrano durante un'intera rivoluzione di Giove senza cambiare considerevolmente di forma. Ma non succede sempre esattamente così, ed è avvenuto, sebbene di rado, che una di queste fasce, rottasi in un certo punto, presentasse all'osservatore un'estremità così netta e nel medesimo tempo sì invariabile da poter egli perciò determinare precisamente

la durata della rotazione del pianeta. I lembi di queste fasce principali sono talvolta sporgenti, talvolta uniti, e talvolta anche (il che accade specialmente per quelle che sono le più lontane dall'equatore) irti, ineguali e protendentisi quasi in braccia ed in punte.

Nelle parti del disco le più distanti dall'equatore le fasce sono molto meno pronunciate, più strette e meno regolari nel loro parallelismo; non le si possono vedere che di raro, a meno di essere un osservatore abituato ed armato di buoni telescopj. Quella però vicina ai poli, che, quando si fa uso di strumenti dotati di debole potenza, non ci sembra essere che un' ombra oscura e di un colore giallo grigiastro, si risolve, quando si fa uso di un buon telescopio, in un sistema di belle fasce parallele strettamente disposte l'una dopo l'altra, le quali vanno ognor più risserrandosi in vicinanza del polo, e terminano col confondersi insieme.

In generale tutte le fasce, sia verso il lembo orientale, sia verso il lembo occidentale, vanno gradatamente diminuendo, finchè spariscono insieme al bordo medesimo.

Sebbene tutte queste fasce abbiano una stabilità molto maggiore che le nubi della nostra atmosfera, e siano anche più permanenti che non occorra per poter determinare esattamente la rotazione del pianeta, mancano però affatto di quella permanenza che caratterizzerebbe per esempio la configurazione zenografica di Marte. Queste fasce al contrario sono soggette a lenti ma evidenti variazioni per modo che, dopo un intervallo di alcuni mesi, l'apparenza del disco non è più affatto la stessa.

XII.

Queste generali osservazioni sull'aspetto del disco di Giove diverranno più chiare e più intelligibili guardando i disegni telescopici del pianeta, figure dalla 1 alla 6. La figura 1 porge una veduta telescopica del disco secondo John Herschel, che la prese per mezzo di un riflettore di 20 piedi inglesi ($6,^{m}$ 08) a Slough il 23 settembre 1832: le altre vedute sono state prese da Madler nel 1835 e 1836 alle date indicate.

Le due macchie rappresentate colle figure 2, 3 e 4 sono quelle per mezzo delle quali si potè determinare il tempo della rotazione. Furono dapprima osservate da Madler il 3 novembre 1834. L'effetto della rotazione su queste macchie si manifestava tanto bene che il loro cambiamento di posizione per rapporto al centro del disco era sensibilissimo nel breve intervallo di cinque minuti. Venne pure veduta nello stesso tempo una terza macchia, molto più debole di queste;

e le distanze onde esse erano fra di loro separate erano di circa 24 gradi contati sulla superficie del pianeta. Il diametro di ciascheduna delle due macchie rappresentate nei diagrammi fu stimato essere di 3680 miglia (1472 leghe); e si potè talvolta osservare che la distanza fra esse s'accresceva di un mezzo grado o di 330 miglia (132 leghe) in un mese. Le superficie di queste macchie dovevano per conseguenza essere eguali al quarto della totale superficie della Terra. Le due macchie non cessarono di essere perfettamente visibili dal 3 novembre 1834, in cui furono la prima volta osservate, fino al 18 aprile 1835; ma durante questo intervallo la fascia sulla quale esse da principio si trovavano era intieramente scomparsa: essa divenne gradatamente più debole in gennajo (v. fig. 4), e svanì affatto in febbrajo; le macchie nondimeno conservavano tutta la loro integrità. Dopo il mese di aprile il pianeta, entrando in congiunzione (14), si perdette nella luce solare; e quando ricomparve in agosto dopo la congiunzione le macchie erano parimente scomparse.

Si proseguirono però le osservazioni; quelle dei giorni 16 e 17 gennajo 1836 procurarono i disegni delle figure 5 e 6: l'aspetto del disco era allora totalmente cambiato. Le due figure 5 e 6 rappresentano emisferi opposti del pianeta.

Si osservò che le due macchie trascinate dalla rotazione intorno al pianeta divenivano invisibili a 55-57 gradi di distanza dal centro del disco. A che dobbiamo attribuire questo fenomeno? È probabilissimo che le macchie altro non sieno che squarci che si formino nelle masse delle nubi galleggianti al di sopra dell'atmosfera del pianeta; in questo caso la loro scomparsa, quando si allontanano dal centro del disco, sarebbe dovuta alle loro pareti laterali, le quali per la loro stessa profondità impedirebbero di vedere nel fondo. Così, se una strada ferrata fosse costruita in una fossa profonda, ponendoci alla sommità della fossa, poscia ritirandoci a qualche distanza da essa, verremmo a perdere di vista la strada che si stende nel fondo. Analogamente accadrebbe nella scomparsa delle macchie.

Si osservò pure che le macchie avevano un moto proprio con una velocità moderatissima e in direzione contraria a quella della rotazione del pianeta. Questo moto persistè con grande uniformità in marzo e in aprile dopo la scomparsa della fascia.

La velocità del moto particolare delle macchie alla superficie del pianeta, era, secondo i calcoli, di 3 a 4 miglia (da leghe 1, 20 a leghe 1, 50) per ora.

Sebbene sino ai primi giorni di novembre Madler non avesse osservate le due macchie nere, esse erano state vedute ed esaminate

anteriormente da Schwabe, il quale rimarcò ch' esse subivano curiosi cambiamenti. Così l'una scompariva durante un certo tempo, e subentrava al suo posto una massa di punti chiari; poi ricompariva come dapprima.

Da tutte queste circostanze, come da molte altre che egli sviluppa nel corso delle sue numerose e lunghe osservazioni, Madler conchiuse essere probabilissimo, se non assolutamente certo, che queste masse immense di nubi abbiano una tale permanenza di forma, di posizione e di disposizione da esservi nulla di paragonabile nell'atmosfera terrestre; e che questa permanenza possa essere fino ad un certo punto spiegata per mezzo della lunghezza considerevole delle stagioni e delle variazioni debolissime che esse subiscono. Egli opina che probabilmente gli abitanti dei luoghi situati sotto latitudini maggiori di 40 gradi non veggano giammai il firmamento, e sotto latitudini inferiori lo veggano ben di rado.

È altresì probabile che il fondo giallo brillante, di cui è generalmente rivestito il disco di Giove, si componga di nubi che riflettano la luce con molto maggiore intensità che le masse più dense illuminate dal Sole nella nostra atmosfera. Quanto poi alle fasce più dense, ed alle macchie osservate sul disco, esse sarebbero o porzioni dell'atmosfera prive di nubi, attraverso alle quali riuscirebbe più o meno visibile la superficie del pianeta, od anche delle nubi di densità e di potere riflettente inferiore alla densità ed al potere riflettente delle nubi che galleggiano nell'atmosfera generale, e che formano il fondo su cui si vedono le fasce e le macchie.

L' atmosfera di Giove non si stende al di sopra del pianeta ad un'altezza straordinaria, come lo prova il lembo ben marcato e delineato del disco. Se l'altezza dell' atmosfera avesse col diametro del pianeta un considerevole rapporto, la luce dei lembi del disco s' indebolirebbe gradatamente, e i lembi sarebbero nebulosi e mal definiti, il che è appunto il contrario di quanto ha luogo.

XIII.

Una delle più rimarchevoli conseguenze del moto di rotazione, dal qual moto risultano per gli abitanti della Terra le alternative del giorno e della notte, è che la Terra, invece di essere una perfetta sfera, ha assunta la forma di uno sferoide allungato, vale a dire quella di un globo schiacciato ai poli. Questo fenomeno venne già spiegato.

Se la rotazione diurna della Terra fosse più rapida, questo schiacciamento sarebbe più considerevole; in una parola il grado di schiacciamento, o il rapporto secondo il quale l'asse polare è minore del

diametro equatoriale, dipende dalla durata della rotazione, per modo che, essendo conosciuta questa durata, può essere calcolato un tal rapporto, e reciprocamente.

Se adunque la rotazione dei grandi pianeti è più rapida di quella della terra (e si è veduto che lo è di molto), ne segue che la loro forma sarà quella di uno sferoide oblungo, e che il loro grado di schiacciamento sarà più grande di quello della Terra. Questa previsione è pienamente confermata dall'osservazione.

Il disco di Giove ingrandito di trenta volte soltanto è evidentemente ovale; l'asse minore dell'ellisse coincide coll'asse di rotazione, ed è perpendicolare alla direzione generale delle fasce. Come nell'esempio della Terra, la quantità dello schiacciamento di Giove è quella stessa che si produrrebbe in un globo della medesima grandezza la cui rotazione fosse uguale a quella che possiede il pianeta.

Alla media distanza dalla Terra i diametri apparenti del disco ottenuti per mezzo di esatte misure micrometriche (15) sono:

		Miglia	Leghe
Diametro equatoriale	38″ 4 =	92080 =	36832
Diametro polare	35″ 6 =	85210 =	34084
Diametro medio		88645 =	35458

Il diametro polare è per conseguenza minore del diametro equatoriale nel rapporto di 356 a 384, ovvero di circa 100 a 108. Mediante altri calcoli si ottenne il rapporto di 100 a 106, ed è questo il preciso rapporto che si produrrebbe con una rotazione eguale a quella che si assegna a Giove.

XIV.

Per quanto aggradevole possa essere la luce della Luna in mancanza del Sole, questa compagna del globo non è indispensabile al nostro benessere; e fra i pianeti del gruppo interiore la Terra sola è stata dotata di un corpo, la cui luce fa in parte le veci della luce solare.

I pianeti del gruppo esteriore sono invece molto più riccamente dotati sotto questo rapporto, mentre ciascuno d'essi possiede tanti satelliti da godere durante le notti di un perpetuo chiaro di Luna.

Quando Galileo diresse il primo telescopio verso Giove, osservò quattro piccole stelle nella direzione dell'equatore di questo pianeta: dapprima le prese per stelle fisse, ma ben presto ne fu disingannato, giacchè le vide alternativamente avvicinarsi al pianeta ed allontanarsene, passare di dietro e poi davanti ad esso, oscillare alla sua destra ed alla sua sinistra a distanze limitate ma sempre le stesse. Galileo non tardò a conchiudere che quelle erano corpi che giravano

intorno a Giove in orbite e a distanze limitate, e che ognuno d'essi comprendeva nella sua orbita le orbite degli altri più vicini al pianeta; in una parola che essi formavano una miniatura del sistema solare, nel quale però Giove medesimo faceva la parte del Sole. Quando il telescopio fu perfezionato, fu reso evidente essere questi corpi piccoli globi congiunti a Giove dai medesimi legami onde la Luna è congiunta alla Terra; infine formare essi un sistema di quattro lune che accompagnano Giove intorno al Sole.

XV.

Il periodo delle rivoluzioni di queste lune è rimarchevolissimo. La più vicina a Giove compie la sua rivoluzione in 42 ore, e in questo breve tempo passa per tutte le sue fasi; si mostra debolmente falcata, allo stato emisferico, gibbosa e piena. È d'uopo per altro richiamarsi che i giorni in Giove, invece di essere di 24 ore, non sono nemmeno di 10 ore; perciò questa luna ha ciascuno dei propri mesi eguale a poco più di 4 giorni di Giove. Ogni giorno essa compie un quarto; per cui nel primo giorno del mese essa passa dalla più sottile fase allo stato di mezza luna, nel secondo dallo stato di mezza luna al plenilunio, nel terzo dal plenilunio all'ultimo quarto, e nel quarto essa ritorna in congiunzione col Sole. Questi cambiamenti succedono con tale velocità da riescire veramente sensibile all'occhio la loro successione.

Il moto apparente di questa luna nel firmamento di Giove è valutato essere maggiore di 8 gradi per ora; quello della nostra luna lo eguaglierebbe, se essa percorresse uno spazio eguale al proprio diametro apparente in poco meno di quattro minuti: essa potrebbe allora essere siccome l'indice di un gigantesco orologio celeste.

Il secondo satellite compie la sua rivoluzione in circa 85 ore terrestri, ovvero in quasi 8 giorni e mezzo di Giove. Esso passa in conseguenza da uno all'altro quarto in 21 ore, ossia in circa due giorni di Giove, essendo il suo moto apparente nel firmamento del pianeta di circa gradi 4, 25 per ora: la nostra luna offrirebbe un simile spettacolo se percorresse in un'ora uno spazio eguale a nove volte il suo diametro, ovvero uno spazio eguale al suo diametro in meno di 7 minuti.

I moti e i cambiamenti di fase degli altri due satelliti sono meno rapidi. Il terzo compie le sue fasi in circa 170 ore, o 17 giorni di Giove; e il suo moto apparente è di circa 1 grado per ora. Il quarto e ultimo compie questi cambiamenti in 400 ore, o 40 giorni di Giove; e il suo moto apparente è poco minore di un grado per ora, mentre il moto apparente della nostra luna è il doppio.

Così gli abitanti di Giove hanno quattro mesi diversi; l'uno è di 4, l'altro è di 8, uno di 17 e un altro di 40 giorni di Giove.

XVI.

Le lune di Giove differiscono da quella della Terra, movendosi esse tutte nel piano dell'equatore del pianeta, dal qual piano il Sole non può mai allontanarsi oltre a circa tre gradi. Per un tempo considerevole prima e dopo gli equinozi di Giove, il Sole trovasi così vicino all'equatore del pianeta, che ognuna di esse lune, non abbandonando mai questo equatore, deve necessariamente ad ogni rivoluzione passare fra il Sole e il pianeta; donde segue che per un lungo intervallo di tempo, prima e dopo ciascun equinozio, hanno luogo eclissi solari ad ogni rivoluzione di ognuna delle quattro lune. Questi eclissi però non sono visibili che a latitudini poco elevate; mentre gli abitanti posti alle maggiori latitudini nell'uno e nell'altro emisfero sono troppo lontani dalla direzione comune delle lune e del Sole, o ciò che torna lo stesso dal piano dell'equatore di Giove, perchè la visuale condotta al Sole possa venire incontrata e intercettata dalle lune.

L'ombra di Giove ha tali enormi dimensioni, che le tre lune interiori non passano giammai dietro al pianeta senza attraversarne l'ombra; queste tre lune pertanto vengono eclissate ad ogni loro rivoluzione; e siccome all'epoca in cui queste lune si mostrerebbero nella loro pienezza sono in opposizione diretta col Sole, così esse trovansi allora immerse nell'ombra ed eclissate. Gli abitanti di Giove per conseguenza non veggono giammai alcuna di queste tre lune nella sua pienezza.

La quarta luna, o la più distante da Giove, è come le altre generalmente eclissata ad ogni sua rivoluzione; ma nei solstizj d'inverno e d'estate, siccome il Sole, e quindi anche l'ombra del pianeta, si trovano bastantemente lontani dal piano dell'equatore del pianeta, così questa quarta luna può mandare la sua luce su quest'ombra, e raggiungere l'opposizione senza entrare nell'ombra medesima. È il solo caso in cui alcuna di queste lune possa raggiungere l'opposizione senza attraversare l'ombra del pianeta; e in queste sole circostanze gli abitanti di Giove possono godere dello spettacolo di un plenilunio.

È facile l'intendere che queste circostanze, insieme alla tanto rapida rivoluzione delle lune, devono procacciare ai popoli di Giove un complesso svariatissimo di fenonemi celesti, e complicare stranamente la loro cronologia. Ad ogni intervallo di 42 ore terrestri, o di 4 giorni di Giove, deve aver luogo un eclisse totale della prima luna (cioè della più vicina); e per un tempo considerevole, sia prima sia dopo

gli equinozj, e ad eguali intervalli, devono aver luogo alternativamente un eclisse totale o parziale di sole ed un eclisse di luna, non essendo l'uno dall' altro separati che per un intervallo di 21 ore terrestri, o di due giorni di Giove.

I medesimi fenomeni si riproducono esattamente rispetto al secondo satellite, ad intervalli di 3 1/2 giorni terrestri, o di circa 8 1/2 giorni di Giove; rispetto al terzo, ad intervalli di 7 giorni terrestri, o 17 giorni di Giove; e rispetto al quarto, ad intervalli di 16 1/2 giorni terrestri, o di 40 giorni di Giove. Riguardo a quest' ultimo però gli eclissi sono soggetti ad una interruzione nelle stagioni d' inverno e d'estate di Giove, per le ragioni che abbiamo già esposte.

XVII.

I satelliti di Giove, veduti col mezzo d' un telescopio ordinario, hanno l'apparenza di piccole stelle disposte secondo una retta condotta pel centro del disco del pianeta, quasi parallela alla direzione delle fasce, e che quindi coincide con quella dell'equatore del pianeta. L'intiero sistema è compreso in una superficie visuale di circa due terzi del diametro apparente della luna terrestre. Se pertanto si fa-

Fig. 7.

cesse coincidere il centro del disco lunare col centro del disco di Giove, non solo verrebbero coperti tutti i satelliti di Giove, ma quello fra essi che è il più lontano dal pianeta risulterebbe discosto dal lembo della Luna di non meno di una sesta parte del diametro apparente di questa.

Se tutti i satelliti si trovassero nel medesimo istante alle loro massime distanze apparenti dal pianeta, essi offrirebbero, relativamente al diametro apparente del pianeta, l'aspetto presentato dalla figura 7.

Confrontando i diametri reali dei diversi satelliti colle loro distanze dal pianeta, si può facilmente determinare quali debbano essere i loro diametri apparenti veduti da Giove.

XVIII.

Il primo satellite ha un diametro apparente eguale a quello della Luna; il secondo e il terzo sono quasi fra loro eguali, ed hanno circa la metà di questo diametro; il diametro apparente del quarto satellite equivale presso a poco alla quarta parte del diametro della Luna.

Possiamo quindi facilmente immaginarci tutti gli strani ed interessanti fenomeni notturni che debbono manifestarsi agli abitanti di Giove per le diverse grandezze di queste quattro lune congiunte alla rapida successione delle loro fasi, ed ai rapidi moti apparenti della prima e della seconda.

I moti dei tre primi satelliti sono così fra loro ordinati da non potere mai trovarsi dalla medesima parte del pianeta; donde risulta che, mancando uno di essi in una notte nel firmamento di Giove, un altro almeno deve brillarvi. Le notti per conseguenza sono sempre dotate di chiaro di luna, tranne durante gli eclissi, e sono soventi illuminate da tre lune insieme di diverse apparenti grandezze e con diverse fasi.

XIX.

Di tutti i pianeti appartenenti sia a questo, sia al gruppo terrestre, quello che ci apre un più vasto campo allo stupore è Saturno: Saturno, globo prodigioso, di un volume circa 900 volte più grande della Terra, circondato da due almeno (e probabilmente da un maggior numero) di anelli sottili e piatti, costituiti di una materia solida, e al di fuori dei quali muovesi un gruppo di otto lune! Saturno il cui sistema così complicato si muove di un moto comune tanto preciso e tanto bene ordinato, che nessuna delle sue parti incontra alcun ostacolo nel suo cammino intorno al Sole, e tutte funzionano senza soffrire il menomo impedimento.

Gli antichi non conobbero di Saturno che il corpo centrale, cioè il solo pianeta; la scoperta delle appendici annulari, e quella dei satelliti sono opere dei moderni.

La distanza di Saturno dal Sole è tanto grande che, se tutta l'orbita terrestre, il cui diametro è di quasi 200,000,000 di miglia (80 milioni di leghe) fosse intieramente occupata da un sole, questo sole veduto da Saturno avrebbe un diametro apparente circa 24 volte maggiore (solamente) del Sole reale veduto dalla Terra. Una palla di cannone, la quale percorra 500 miglia (200 leghe) all'ora, impiegherebbe circa 200 anni per andare da Saturno al Sole; ed un convoglio di una ferrovia, che faccia 50 miglia (20 leghe) all'ora, vi metterebbe circa 2000 anni: la luce, che percorre circa 200,000 miglia (80,000 leghe) per secondo, impiega un'ora e quindici minuti a percorrere una tale distanza. Eppure a questa distanza la gravitazione solare trasmette la sua azione, ed è obbedita colla maggior prontezza, colla maggior precisione.

Siccome il diametro dell'orbita di Saturno è 1,800,000,000 di miglia (720 milioni di leghe), così la sua circonferenza è di 5,650,000,000 di miglia (2 miliardi 260 milioni di leghe); e il pianeta la percorre in 10,759 giorni. Il suo moto diurno è per conseguenza di 525,140 miglia, e il suo moto orario è di 21,880 miglia (8752 leghe).

XX.

Tutto quanto fu detto precedentemente sull'atmosfera, sulla rotazione diurna e sulle loro conseguenze, sulle correnti atmosferiche, i venti alisei e la figura oblunga di Giove, si può applicare senza importante modificazione a Saturno.

Questo pianeta è circondato da otto lune. Quattro di esse, come le lune di Giove, si distinguono per la loro vicinanza al pianeta; giacchè le distanze di tre di esse sono considerevolmente minori di quella della luna terrestre dalla Terra, e la quarta si trova presso a poco ad una distanza eguale a questa. Delle altro quattro lune, la più lontana è dieci volte più lontana da Saturno che la luna terrestre non sia dalla Terra, e la più vicina è circa il doppio più distante della nostra Luna.

Le distanze delle lune sono però più esattamente valutate riferendole al pianeta che circondano, ed esprimendole in semi-diametri di questo pianeta. Se esprimiamo in tal modo queste distanze, le lune di Saturno occupano una scala di distanze molto minori di quella della luna terrestre. La distanza della più lontana è eguale a 64 semi-diametri di Saturno, e quella della più vicina equivale a poco più di 3 di questi semi-diametri; mentre la distanza della luna terrestre dalla Terra è eguale a 60 semi-diametri terrestri.

Ma per quanto grandi siano queste distanze, esse si riducono ad una misura apparente minima quando si abbia riguardo alla distanza del sistema di Saturno. Facendo coincidere il centro della luna terrestre col centro del disco di Saturno, il più lontano de' suoi satelliti, lungi dall' uscire dal disco lunare, sarebbe ancora lontano dal suo lembo, trovandosene discosto d'un terzo del semi-diametro della Luna. Così sebbene il sistema di Saturno si distenda sopra uno spazio di circa 5,000,000 di miglia (2,000,000 di leghe) nella sua massima larghezza, tutto questo spazio sarebbe coperto dal disco della Luna, quand'anche questo disco avesse un diametro di un terzo minore del suo diametro reale.

Quanto fu detto delle fasi e delle apparenze presentate dalle lune di Giove agli abitanti di questo pianeta s'applica per intiero alle lune o satelliti di Saturno, solo che in luogo di quattro lune Saturno ne pos-

siede otto, le quali ruotano continuamente intorno ad esso, e presentano tutti quei cambiamenti mensuali che l'unico satellite del nostro globo ci ha resi famigliari.

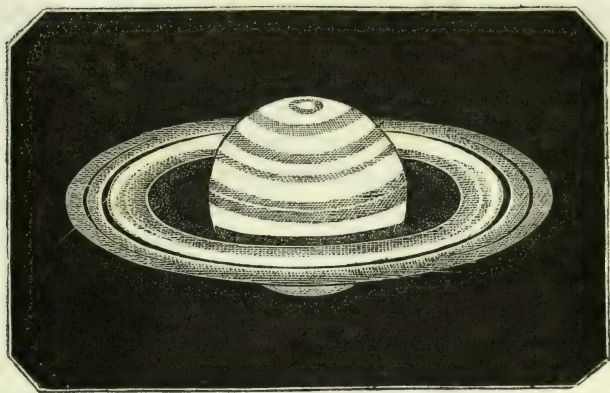
I periodi delle lune di Saturno, come di quelle di Giove, sono brevi, tranne per quelle più distanti dal pianeta. La più vicina passa per tutte le sue fasi in 22 ore e 1/2, e la quarta (partendo dalla più lontana) in meno di 66 ore: le tre seguenti hanno dei mesi che variano da 4 a 22 giorni terrestri.

Queste sette lune si muovono in orbite i cui piani coincidono quasi col piano dell'equatore di Saturno; e segue da questa disposizione che esse sono sempre visibili nei due emisferi del pianeta, quando non sieno eclissate dalla sua ombra.

Il moto della luna più vicina è tanto rapido che gli abitanti di Saturno possono rimarcarlo colla stessa facilità colla quale vedrebbero muoversi l'indice d'un immenso cronometro: essa descrive 360 gradi in 22 ore 1/2, ossia 16 gradi per ora, o 16 minuti di grado per minuto; per modo che in due minuti essa percorre uno spazio eguale al diametro apparente della nostra propria luna.

L' ottavo, o il più lontano dei satelliti, fa sotto più rapporti eccezione alla regola, e differisce da tutti gli altri. Esso solo si muove in un'orbita inclinata in modo da formare un angolo considerevole col piano dell'equatore.

Per l'enorme distanza che ci separa da Saturno non si potè finora determinare le dimensioni de'suoi satelliti. Fu però riconosciuto che il sesto (partendo dal più lontano), chiamato Titano, è il più grande, e sembra certo che il suo volume non sia che di poco minore di quello del pianeta Marte. I tre satelliti che immediatamente gli succedono, Rea, Dione, Tetide, sono corpi più piccoli, e non possono essere veduti se non coll' ajuto di telescopj di gran potenza. I due più vicini, Encelado e Mima, esigono per poter essere osservabili istrumenti di grandissima potenza e di perfetta costruzione, e inoltre condizioni atmosferiche favorevolissime.

Non essendo state determinate le grandezze reali dei satelliti, tranne quella del sesto, nulla si può conchiudere riguardo alle loro grandezze apparenti vedute dalla superficie di Saturno, e non possiamo che abbandonarci a congetture basate sulle loro analogie cogli altri corpi analoghi del sistema. Essendo tutti i satelliti di Giove più grandi della Luna, uno d'essi eccedendo Mercurio in grandezza, ed avendo un altro un volume un poco minore di quello di questo pianeta, si può ritenere con molta probabilità che i satelliti di Saturno sieno individualmente almeno nelle loro effettive dimensioni più grandi della nostra Luna.

SATURNO — *Veduto nel novembre 1852 con un riflettore di 6 poll. e 1/3 d'apertura, a Wateringburg presso Maidstone, da W. R. Dawes.*

Capitolo Quarto.

I. Grandezze apparenti delle lune di Saturno alla sua superficie. — II. Loro fasi; brevità dei mesi di Saturno. — III. Eclissi di Sole e di Luna. — IV. Scoperta degli annelli. — V. Fasi degli annelli veduti dalla Terra. — VI. Aspetto dei loro lembi nel 1848; disegni di Schmidt. — VII. Loro montagne. — VIII. Loro dimensioni. — IX. Scoperta degli annelli oscuri. — X. Disegno telescopico del pianeta e degli annelli di Dawes. — XI. Apparenza degli annelli alla superficie di Saturno. — XII. Errori commessi a questo riguardo da Bode, Herschel, Madler ed altri. — XIII. Correzione di questi errori. — XIV. L'aspetto degli annelli varia colla latitudine alla quale trovasi l'osservatore. — XV. Diagrammi che servono di spiegazione. — XVI. Ricapitolazione. — XVII. Non v'è difficoltà nell'ammettere la possibilità di razze differentemente organizzate nei differenti pianeti. — XVIII. Il Sole pel suo carattere fisico non può essere abitato. — XIX. La Luna non è abitabile. — XX. I satelliti nemmeno. — XXI. Le comete neppure. — XXII. Dei planetoidi o asteroidi.

I.

Ammessi i valori delle grandezze reali dei satelliti dati alla fine dell'ultimo capitolo, da essi e insieme dalle loro distanze si possono dedurre le loro grandezze apparenti probabili alla superficie di Saturno. La distanza alla quale trovasi dal pianeta il primo di questi satelliti, Mima, non è che di 94000 miglia (37600 leghe); essa dunque è due volte e mezza minore di quella della Luna: la distanza del secondo satellite è circa la metà di quella della Luna; quella del terzo circa due

terzi; quella del quarto circa cinque sesti della distanza della Luna dalla Terra. Se adunque questi corpi hanno dimensioni reali maggiori di quelle della Luna, le loro grandezze apparenti alla superficie di Saturno saranno maggiori della grandezza apparente del satellite terrestre, ed in un rapporto ancor maggiore di quello che esiste fra le distanze alle quali tutti questi satelliti si trovano rispettivamente dai loro pianeti. Poco si conosce del settimo satellite, Iperione, recentemente scoperto; e la grandezza rimarchevole del sesto, Titano, dà luogo a credere, che, malgrado la sua distanza, possa mostrare agli abitanti di Saturno un disco grande al pari di quello della Luna terrestre.

II.

Tutto quanto fu detto precedentemente sulla rapidità delle fasi, per la quale le lune di Giove offrono un quadro tanto rimarchevole, s'applica del pari a Saturno. Lo spettacolo però v'è ancor più brillante, più ricco, essendo più numerosi gli attori, giacchè Saturno possiede un doppio numero di lune in confronto di Giove. E siccome il primo satellite passa dalla più debole fase allo stato di mezza luna in 5 ore e $^1/_2$ terrestri, così il cambiamento, che pure si opera per gradi, deve risultare sensibile alla vista al pari del moto dell'indice di un cronometro. Il secondo satellite si muove colla metà di questa velocità, vale a dire passa dalla più debole fase allo stato di mezza-luna in 8 ore: il primo passa dal novilunio al plenilunio in 11 ore, il secondo in 16 ore. L'intervallo fra il novilunio e il plenilunio per il terzo satellite è di 22 ore, per il quarto di 32 ore, per il quinto di 53 ore, per il sesto di 8 giorni terrestri, per il settimo di 11 e per l'ottavo di 40 giorni.

III.

Gli eclissi solari e lunari, prodotti e subìti da questi otto satelliti, non sono così frequenti come nel sistema di Giove, giacchè l'equatore di Saturno s'inclina alla sua orbita intorno al sole tanto da formare un angolo di quasi 27 gradi (inclinazione considerevolmente maggiore dell'obbliquità dell'eclittica che è di 23° 27′ 50″); donde risulta che il Sole al momento dei solstizj d'inverno e d'estate di Saturno sembra essere considerabilmente lontano dall'equatore su cui è limitato il moto dei satelliti, tranne l'ottavo. Per la medesima ragione i satelliti s'allontanano ognor più dal centro dell'ombra; e tutti, tranne i più vicini,

al momento dell'opposizione (15) si muovono in generale fuori dell'ombra planetaria. I Saturniani hanno per conseguenza sul popolo di Giove il vantaggio d'assistere frequentemente allo spettacolo di molti plenilunj sul loro firmamento.

IV.

L'organo dell'umana vista avendo ricevuto dal telescopio una potenza dapprima sconosciuta, gli osservatori del cielo non tardarono a scoprire che il disco di Saturno differiva notabilmente da quelli degli altri pianeti, non essendo esso circolare. Dapprima lo si considerò come un ovale oblungo, schiacciato, tale da presentare la forma di un rettangolo allungato ed arrotondato alle sue estremità. Appena il potere del telescopio venne aumentato, esso apparve come un disco centrale fiancheggiato da due dischi più piccoli, i quali presentavano tutta l'apparenza di manichi od orecchi analoghi a quelli di un vaso o di una giara, per cui furono chiamati le anse del disco, nome che conservano tuttora. Infine nel 1659 Huygens trovò la vera spiegazione del fenomeno: egli mostrò che il pianeta è circondato da un annello di materia solida ed opaca, al centro del quale esso è come sospeso; e mostrò pure che quelle che ci sembrano le anse altro non sono che le porzioni dell'annello laterali al disco e situate al di fuori di esso, le quali projettandosi assumono alle estremità del loro asse maggiore la forma di porzioni di ellisse; e fece inoltre vedere, che le parti aperte delle anse sono prodotte dal cielo del pianeta, veduto nello spazio compreso tra l'annello e il pianeta medesimo.

I telescopi continuamente perfezionati, il numero ognor crescente, lo zelo ognor più ardente, e l'indefessa attività degli osservatori, tutto contribuì a somministrare schiarimenti molto più completi sulla posizione, sulla forma, sulle dimensioni e sulla struttura di questa appendice straordinaria e senza altro esempio conosciuto.

È noto attualmente che esso consiste in un annello piatto, materiale e di piccolo spessore avuto riguardo alla sua superficie. Esso è quasi, ma non esattamente, concentrico col pianeta, e situato nel piano del suo equatore, ciò che è provato dalla coincidenza dell'annello colla direzione generale delle fasce, e con quella del moto apparente delle macchie per mezzo delle quali si potè determinare la rotazione del pianeta.

Dirigendo in circostanze favorevoli sull'annello un telescopio di sufficiente potenza si distinguono sulla sua superficie delle fasce

oscure simili a quelle del pianeta. Una di queste fasce avendo manifestata una permanenza che sarebbe incompatibile coll' attribuire ad essa la medesima causa atmosferica che si assegna alle fasce del pianeta, si congetturò che essa provenisse da una separazione od effettiva divisione dell'annello in due annelli concentrici, posti l'uno internamente all'altro. Questa congettura si cambiò in certezza allorchè si scoprì che la medesima fascia o linea oscura si vede nella medesima posizione da ciascuna parte dell' annello. Venne anche asserito da qualche osservatore d'aver veduto delle stelle attraverso all'intervallo degli annelli, ma ciò ha bisogno di conferma. Si ritiene per altro provato che il sistema consista di due annelli concentrici d'ineguale larghezza, l'uno posto internamente all'altro e senza reciproco contatto.

V.

Mentre il pianeta viene portato intorno al Sole dal suo moto nell'orbita, gli annelli si presentano agli osservatori terrestri sotto differenti aspetti. In due posizioni del pianeta, corrispondenti a punti opposti della sua orbita, l'annello si mostra di profilo, mentre il suo piano passa allora per la terra. Esso assume queste posizioni ad ogni 15 anni (terrestri) all' incirca, o ad ogni mezzo anno di Saturno. Se l' annello fosse di bastante spessore perchè si potesse vedere distintamente, e se il suo spessore fosse uniforme, assumerebbe allora l'aspetto che porge la figura 1.

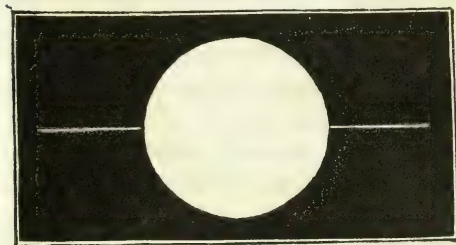



Fig. 1.

Mano mano che il pianeta abbandona queste posizioni, gli annelli s' inclinano in modo da formare un angolo sensibile colla direzione della nostra visuale: crescendo questo angolo d'anno in anno si mostrano ognor più aperti, come si vede nella figura 2, finchè, dopo un intervallo di 7 anni e $^1/_2$, ossia $^1/_4$ d'anno di Saturno, il piano degli annelli forma il massimo angolo possibile

Fig. 2.

(di circa 28 gradi) colla linea visuale: allora l'aspetto degli annelli è quello presentato dalla fig. 3.

Le epoche in cui gli annelli si presentano di profilo alla Terra, corrispondono pressoche identicamente a quelle degli equinozj di Saturno. L'ultima volta accadde nel 1848; la prossima ventura avrà luogo nel 1863.

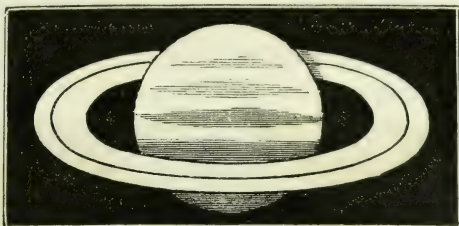
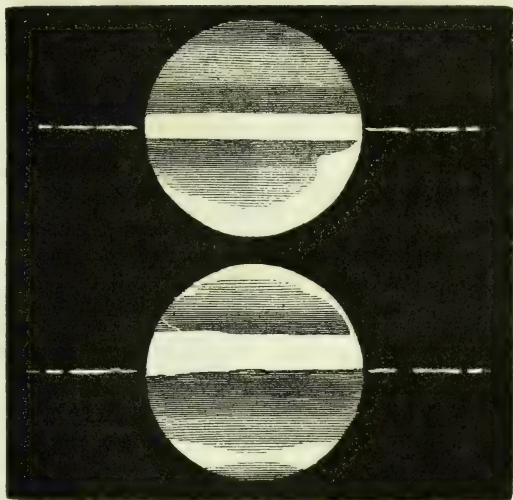



Fig. 3.

VI.

Nel 1848, presentandosi l'annello di profilo, Giulio Schmidt dell'osservatorio di Bonn ne approfittò per fare alcune osservazioni molto curiose e degne d'interesse. In luogo di presentare l'aspetto di una linea di luce unita, netta, come lo mostra la fig. 1, l'annello non mostrò che una linea spezzata ed ineguale.

Fig. 4, 5.

Fra i disegni telescopici eseguiti da Schmidt in questa occasione ne abbiamo scelti quattro (fig. 4, 5, 6, e 7). Queste figure rappresentano solamente le apparenze dei lembi degli annelli, e non quelle delle fasce del disco del pianeta.

La figura 4 rappresenta l'annello veduto il 26 giugno.
La figura 5 rappresenta l'annello veduto il 3 settembre.
La figura 6 rappresenta l'annello veduto il 5 settembre.
La figura 7 rappresenta l'annello veduto l'11 settembre.

VII.

Questo aspetto singolare dell'annello deve essere prodotto da grandi ineguaglianze montuose situate alla sua superficie, ineguaglianze che lo rendono molto più grosso in certi punti rispetto a certi altri punti. Quindi è che in alcune parti è troppo sottile per essere visibile, mentre in altre è reso apparente dal maggior spessore prodotto da considerevoli montagne.

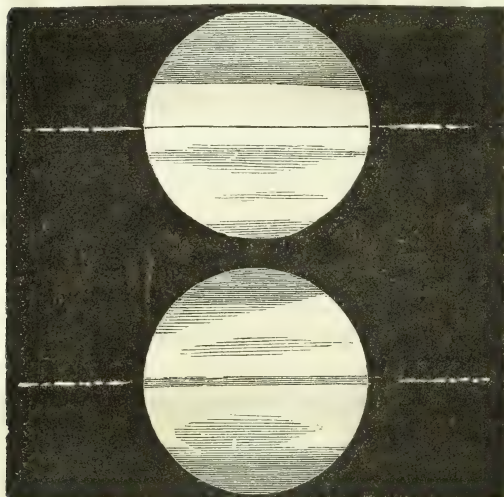



Fig. 6, 7.

VIII.

Tanto la larghezza degli annelli, quanto quella degli intervalli che gli separano l'uno dall'altro e dal pianeta, furono sottoposte ad osservazioni micrometriche (16) assai precise, e i risultati ottenuti da diversi osservatori non differiscono fra loro della quarantesima parte della quantità totale misurata. Nella tavola seguente si dà il risultato delle osservazioni micrometriche del professor Struve ridotte alla media distanza.

		Grandezza apparente alla media distanza	In semi-diametri del pianeta	Miglia
Semidiametro del pianeta.	r	8'',995	1,000	39 580
Semidiametro esteriore dell'annello esteriore	a	20 ,047	2,229	88 209
Semidiametro interiore dell'annello esteriore	a'	17 ,644	1,961	77 636
Larghezza dell'annello esteriore.	$a - a'$	2 ,403	0,268	10 573
Semidiametro esteriore dell'annello interiore.	b	17 ,237	1,916	75 845
Semidiametro interiore dell'annello interiore.	b'	13 ,334	1,482	58 669
Larghezza dell'annello interiore.	$b - b'$	3 ,903	0,434	17 176
Intervallo fra i due annelli.	$a' - b$	0 ,407	0,045	1 791
Intervallo fra il pianeta e l'annello interiore.	$b' - r$	4 ,339	0,482	19 089
Larghezza dell'uno e dell'altro annello compreso l'intervallo.	$a - b'$	6 ,713	0,747	29 540

La figura 8 rappresenta la projezione degli annelli e del pianeta da essi circondato sul piano comune degli annelli stessi e dell'equatore del pianeta, e da essa si possono anche riconoscere le loro dimensioni relative: ogni divisione della scala annessa corrisponde a 5000 miglia (2000 leghe).

IX.

Il risultato il più inatteso delle recenti osservazioni telescopiche sopra Saturno fu la scoperta di un annello costituito, secondo ogni apparenza, di una sostanza che riflette la luce molto più imperfettamente del pianeta o degli annelli già descritti; ma, ciò che è ancora più straordinario, questa sostanza è tanto trasparente da potervisi vedere attraverso il corpo del pianeta.

Nel 1838 il dottor Galle dell' osservatorio di Berlino rimarcò il seguente fenomeno. Egli osservò che una specie di ombra si estendeva

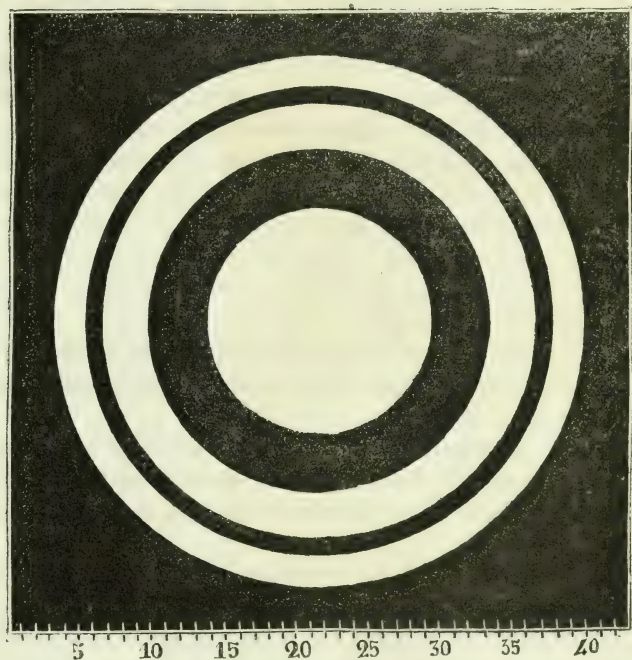



Fig. 8.

dal limite dell'annello interiore fino alla superficie del pianeta, come se la sostanza solida dell' annello si prolungasse al di là del limite della sua superficie illuminata; e che questo prolungamento della

superficie si manifestava per un debolissimo chiarore analogo ad una penombra. Galle pubblicò le misure di questa superficie oscura nelle *Transazioni di Berlino* del medesimo anno.

Il fenomeno però attrasse pochissimo l'attenzione fino alla fine del 1850. A quest'epoca il professore Bond di Boston, e Dawes in Inghilterra, non solamente lo verificarono, ma ne determinarono con grande precisione il carattere e la configurazione. Le osservazioni del professor Bond non furono conosciute in Inghilterra prima del 4 dicembre; ma il 29 novembre Dawes diede del fenomeno una soddisfacentissima spiegazione. Quest'astronomo chiamò il 3 dicembre l'attenzione di Lassel su questo argomento, e ambedue nella sera del medesimo giorno l'esaminarono all'osservatorio di Dawes; ed immediatamente pubblicarono le loro osservazioni e descrizioni che apparvero in Europa contemporaneamente a quelle del prof. Bond.

Tuttavia fino al 1852 la trasparenza non potè essere pienamente constatata. Dietro le sue osservazioni del mese di settembre Dawes ne sospettava d'assai l'esistenza; ma verso il medesimo tempo venne perfettamente verificata a Madras dal capitano Jacob, e nel mese di ottobre a Malta da Lassel, il quale aveva trasportato il suo osservatorio in quest'isola per approfittare dei vantaggi di una minor latitudine e di un cielo più sereno. Queste osservazioni hanno provato in modo perentorio che Saturno possiede un'appendice annulare semi-trasparente, — fenomeno unico.

X.

La figura in testa a questo capitolo rappresenta il pianeta circondato dal suo sistema d'annelli. Essa venne eseguita dietro lo schizzo originale dovuto a Dawes.

La divisione principale degli annelli splendenti è visibile su tutta la sua circonferenza: la linea nera, che si suppone essere una divisione dell'annello esteriore, è visibile nel disegno di Dawes, ma Lassel non l'ebbe mai notata.

Nel 1851 e 1852 Dawes ha distintamente veduto una linea sottile e brillantissima al lembo interiore dell'annello splendente interno.

L'annello interno splendente è sempre più splendente del pianeta, ma non lo è egualmente in tutte le sue parti. Il suo splendore è più intenso sul lembo esteriore, e diminuisce insensibilmente fino al lembo interiore, ove diventa così debole da potersene appena determinare il limite preciso: si direbbe che il suo potere di riflessione non sia in quel punto maggiore che quello dell'annello oscuro recentemente

scoperto. Lo spazio libero, aperto fra l'annello e il pianeta, ha lo stesso colore del cielo che lo circonda.

XI.

Gli annelli debbono evidentemente offrire agli abitanti di Saturno un colpo d'occhio pittoresco, e debbono rappresentare una parte importante nell'uranografia (17) di questo popolo. La determinazione della loro grandezza apparente, della loro forma e della loro posizione rispetto alle stelle fisse, al Sole ed alle lune di Saturno, ebbe conseguentemente a fissare più o meno l'attenzione degli astronomi; ed è nondimeno singolare che, sebbene questo argomento sia stato discusso e trattato da differenti autorità pel corso di tre quarti di secolo, le conclusioni alle quali si è giunti, le opinioni che vennero generalmente espresse e adottate, siano totalmente erronee.

XII.

Nell' *Annuario* di Berlino pel 1786 il professor Bode pubblicò un saggio su questa quistione; e, sebbene egli non abbia potuto basarsi che sopra i dati incompleti del suo tempo, non sembra che la sua opinione differisca materialmente, quanto ai principj, dalle opinioni attualmente professate dai più eminenti astronomi.

Ne'suoi *Schizzi astronomici,* pubblicati nel 1849, Giovanni Herschel dice che gli annelli veduti da Saturno hanno l'aspetto di grandi archi che stendonsi sul cielo da un orizzonte all'altro, e che l'emisfero del pianeta che ne vede il lato oscuro subisce un eclisse solare della durata di quindici anni.

Quest' opinione, che venne riprodotta dalla maggior parte degli scrittori d' Inghilterra e del continente, è affatto inesatta. *In primo luogo* gli annelli non occupano una posizione quasi invariabile rapporto alle stelle; ma al contrario la loro posizione rispetto alle stelle fisse è soggetta ad un cambiamento sì rapido che gli osservatori di Saturno devono sensibilmente distinguerla; giacchè le stelle situate da una parte degli annelli passano in un' ora dall'altra. *In secondo luogo* un fenomeno come un eclisse della durata di quindici anni, o qualsivoglia altro analogo, non può avvenire in nessun punto del globo di Saturno.

Fra gli osservatori del continente che hanno recentemente sottoposta la quistione a nuovo esame, il più eminente è il dottor Madler, a cui la scienza deve tanto per le sue ricerche e le sue osservazioni sul carattere fisico della Luna e di Marte.

Questo astronomo sostiene come Herschel che gli annelli occupano una posizione fissa nel firmamento, perchè i loro lembi si projettano su paralleli di declinazione; e siccome tutti gli oggetti celesti trasportati dal moto diurno si muovono secondo circonferenze di circoli paralleli, così deriva che alla medesima latitudine di Saturno le medesime stelle rimangono sempre nascoste dagli annelli, e che le medesime stelle veggonsi sempre alla medesima distanza da questo annello. Ma anche questo è inesatto, giacchè le zone del firmamento coperte dagli annelli non sono terminate da paralleli di declinazione (18), sibbene da curve che tagliano questi paralleli sotto angoli differenti.

I calcoli del dottor Madler attribuiscono troppa lunghezza agli eclissi solari che hanno luogo durante l'inverno, cioè per metà dell'anno di Saturno. Egli computa la durata di questi diversi eclissi secondo le differenti latitudini di Saturno, e porge un quadro donde risulterebbe, che gli eclissi solari prodotti dall'annello interno hanno una durata che varia da tre mesi a molti anni, che la durata degli eclissi prodotti dall'annello esterno è ancora maggiore, in fine che la durata del tempo nel quale il Sole si mostra nell'intervallo degli annelli varia, secondo la latitudine, da dieci giorni a sette od otto mesi.

Queste diverse conclusioni e computazioni di Bode, d'Herschel, di Madler e d'altri ancora, e il ragionamento che loro serve di base, tutto è erroneo; i fenomeni solari da essi descritti non corrispondono per nulla, nè rassomigliano per alcuna guisa ai reali fenomeni uranografici.

XIII.

Il ploblema delle apparenze degli annelli nel firmamento di Saturno e degli effetti da essi prodotti occultando ed eclissando in date occasioni e temporaneamente il Sole, le otto lune ed altri oggetti celesti, venne completamente discusso, e per la prima volta completamente risolto, in una memoria del dottor Lardner, letta nel 1853 alla Società reale d'astronomia, e pubblicata nel volume XXII delle sue *Transazioni*.

L'autore dimostra in essa che la meravigliosa appendice annulare di Saturno, la cui utilità non venne ancora scoperta, non potrebbe essere causa di tenebre prolungate, di desolazione per gli abitanti del pianeta, d'aggravio nei rigori del loro inverno di quindici anni, come dovrebbe credersi dietro il ragionamento degli eminenti astro-

nomi di cui si è parlato e di molti altri che hanno adottate le loro conclusioni, o che vi sono giunti seguendo altri argomenti.

Al contrario venne dimostrato che, pel moto apparente del cielo, derivante dalla rotazione diurna di Saturno, i corpi celesti, e naturalmente il Sole e le otto lune, non sono trasportati parallelamente ai lembi degli annelli, come fin quì si è supposto; ma che si muovono in guisa da passare alternativamente da una all'altra parte di ognuno di questi lembi; e che in generale tutti gli oggetti che passano sotto gli annelli non sono da essi occultati che per un breve intervallo di tempo prima e dopo la loro culminazione meridiana (19). Però in alcune rare ed eccezionali circostanze certi oggetti, tra i quali il Sole, sono occultati dal loro nascere fino al loro tramonto; ma la durata di questo fenomeno non è quale venne finora supposta, e i luoghi in cui esso succede sono assai meno numerosi. In una parola non avviene per modo da togliere al pianeta nessuna delle condizioni essenziali alla sua abitabilità.

XIV.

L'aspetto presentato dall'annello agli abitanti di Saturno deve variare molto colla latitudine dell'osservatore e la stagione dell'anno. Nell'estate (una metà dell'anno di Saturno), trovandosi l'osservatore e il Sole dalla medesima parte dell'annello, questo si mostrerà sotto la forma di un arco molto somigliante ad un arco baleno, ma dotato di una superficie somigliante a quella della luna terrestre.

Il vertice, o il punto più alto di quest'arco, sarà sul meridiano, e le due parti in cui esso sarà diviso dal meridiano saranno eguali, di simile apparenza, e discenderanno incontrando l'orizzonte in punti egualmente distanti dal meridiano. La larghezza apparente di quest'arco illuminato sarà massima sul meridiano, e diminuirà discendendo dalle due parti verso l'orizzonte, ove raggiungerà la sua minima ampiezza. La divisione, ossia l'apertura fra i due annelli, apparirà sensibile, e, tranne che pei luoghi situati a piccolissime distanze dall'equatore, il firmamento sarà visibile attraverso ad essa.

La distanza dall'equatore celeste del lembo dell'arco non sarà dappertutto la stessa come si è preteso. La parte dell'arco situata sul meridiano sarà la più lontana dall'equatore, e discendendo dalle due parti verso l'orizzonte, la declinazione del suo lembo scemerà gradatamente, per modo che i punti che si trovano all'orizzonte saranno più vicini all'equatore degli altri punti.

XV.

Possiamo farci un'idea della varietà delle apparenze presentate dall'annello alle differenti latitudini del pianeta, bastando perciò seguire coll'immaginazione un osservatore il quale, partendo dal polo di Saturno che trovasi dalla medesima parte dell'annello in cui si trova il Sole, si diriga lungo un meridiano verso l'equatore. Da principio la convessità del pianeta intercetterà compiutamente la vista dell'annello; e, come trovasi dimostrato nella memoria di cui si è parlato, ciò accadrà finchè il viaggiatore non sia giunto ad una latitudine minore di 63° 20′ 38″ (63 gradi 20 minuti 38 secondi): a questa latitudine l'annello apparirà all'orizzonte dell'osservatore, il quale lo vedrà ognor meglio finchè sia disceso alla latitudine di 47° 33′ 51″: allora egli vedrà i due annelli quali sono rappresentati colla figura 9.

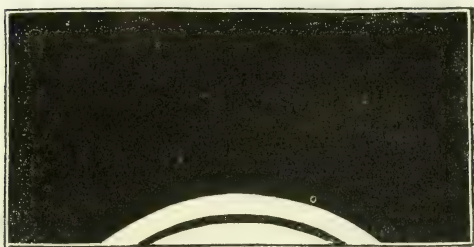
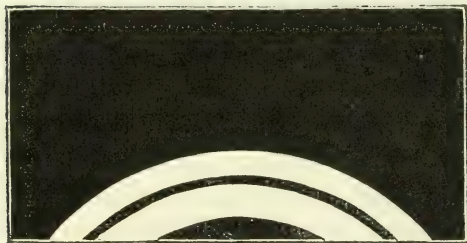



Fig. 9.

A latitudini ognor più basse gli annelli s'innalzeranno ognor più al di sopra dell'orizzonte, ed assumeranno la forma di un arco doppio, come si vede nella figura 10.

Fig. 10.

Mano mano che l'osservatore raggiunge una latitudine ognor più bassa, l'arco assumerà una posizione ognor più elevata, e si estenderà sopra una porzione più considerevole del firmamento (figure 11, 12, 13).

Bisogna osservare che in tutti i casi la larghezza dell'arco scema dal meridiano andando all'orizzonte, e colla latitudine dell'osservatore.

Nella figura 14 venne rappresentata una porzione dell'annello coi satelliti, i quali si mostrano al di sopra di esso, presentando differenti fasi lunari.

Ci è d'uopo rimandare quelli che desiderassero proseguire lo studio di Saturno e della sua uranografia in tutti i suoi particolari, alla

memoria di già citata (Vedi *Transactions of the Royal Astronomical Society*) e al capitolo 15 dell'*Astronomia* del dottor Lardner.

XVI.

Fig. 11.

Abbiamo così presentato al lettore un leggero e rapido schizzo delle circostanze che accompagnano i due principali gruppi di globi che compongono il sistema solare; ed abbiamo sviluppate le analogie numerose e sorprendenti dal cui insieme risulta dimostrato, che, nell' economia dell'universo materiale, questi globi devono servire a que' medesimi disegni cui serve la Terra, e al pari della Terra debbono dare asilo a razze di esseri analoghi, se non simili, alle razze terrestri.

Fig. 12.

XVII.

Fig. 13.

Le differenze d'organizzazione e di carattere, che sarebbero rese probabili o necessarie, sia per le differenze di distanza di ciascun pianeta dalla comune sorgente di luce e di calore, e per le susseguenti differenze nell' intensità di questi agenti sui pianeti; sia per le differenze nel peso dei corpi alle superficie dei diversi pianeti, prodotte dalle differenti intensità delle loro attrazioni sui corpi; sia per le differenze degli intervalli che segnano le alternative di giorno e di notte; — queste

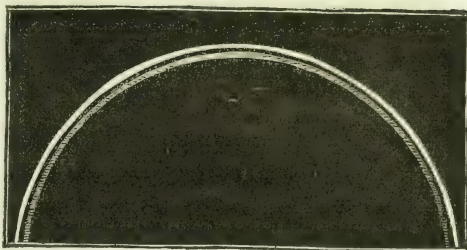
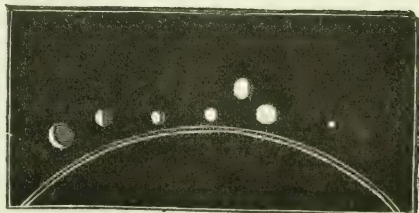



Fig. 14.

differenze d'organizzazione, è d'uopo ripeterlo, non sono più grandi e più sensibili nel mondo organico dei pianeti che non lo sieno nel mondo organico sparso sulle differenti regioni del globo terrestre. Gli animali e i vegetali delle zone tropicali differiscono in generale dagli animali e dai vegetali che occupano le zone polari e temperate; ed anche sotto la medesima zona s'incontrano, a differenti altezze al di sopra del livello del mare, specie differenti di creature organizzate. Ora un tal fenomeno non è certo meno meraviglioso delle varietà e differenze d'organizzazione che sono rese necessarie dalle diverse condizioni fisiche che affettano i pianeti.

Ma ad aggiungere forza a questi argomenti ed a queste analogie varranno le seguenti considerazioni, essendo provato che, tranne i pianeti, gli altri corpi del sistema solare non possono avere abitanti.

XVIII.

Il Sole, come si vide in un'altra parte di quest'opera, è un vasto globo circondato d'un oceano, o piuttosto d'un'atmosfera di fuoco, entro la quale incessantemente avvengono delle convulsioni e delle eruzioni meravigliose: ivi la temperatura non è moderata, nè soggetta a legge alcuna, non v'hanno alternative di giorno e di notte, non v'ha successione di stagioni, non varietà di climi, nè terra, nè acqua. Il Sole è in realtà una gran fornace sferica, da ciascun piede quadrato della quale viene emessa una somma di calore sette volte maggiore di quella che è emanata da ciascun piede quadrato d'un alto forno ardente al massimo grado; e tale è l'intensità di questo calore, che, sebbene la distanza della Terra dal Sole sia di circa 100,000,000 di miglia (40 milioni di leghe), sebbene la superficie della Terra, a cagione del suo moto diurno, sia sottratta all'influenza diretta del Sole ad intervalli alternativi di dodici ore; nondimeno la totale quantità di calore che la Terra riceve dal Sole in un anno sarebbe sufficiente, se fosse uniformemente diffusa sulla sua superficie, da liquefare una crosta di ghiaccio dello spessore di 100 piedi inglesi (30^{m}, 479)!

Segue da ciò che il medio calore che riceve dal Sole ciascun piede quadrato inglese ($0^{m.q.}$,30479) della superficie terrestre, potrebbe liquefare in un anno $2448^{ch.}$, 435 di ghiaccio.

Non è d'uopo insistere per mostrare la poca analogia che esiste fra la Terra e il Sole: si potrebbe dire non esservene alcuna.

XIX.

La Luna nulla ha di comune col Sole; ma non ha nemmeno alcuna analogia colla Terra, perchè si possa ritenere abitabile. Vennero già esposti i fenomeni che accompagnano il nostro satellite: qui basterà osservare che la Luna non possiede nè atmosfera, nè nubi, nè acque od altri liquidi, nè intervalli di giorno e di notte che manifestino rapporto alcuno coi nostri giorni e colle nostre notti; che la sua superficie è irta di montagne continue, scoscese, più selvaggie dei ghiacciaj onde sono coronate le cime dell' Alpi, delle Ande o delle Cordigliere; e che la temperatura che regna nelle sue medesime valli è inferiore a quella dei nostri poli.

Si vede da queste poche parole qual debole analogia esista fra la Luna e la Terra, e quali debolissime risorse offrirebbe questo satellite ad esseri organizzati.

XX.

Dalle osservazioni astronomiche risulta probabile che i satelliti degli altri pianeti si trovino in condizioni fisiche simili a quelle del nostro, e che siano al pari di esso inabitabili.

XXI.

L' osservazione moderna ha provato che una numerosa classe di corpi, le comete, si rannodano per mezzo della gravitazione al sistema solare. Questi corpi in generale sembrano privi della menoma solidità: si direbbero delle masse di vapore galleggianti attraverso il sistema. Evidentemente essi non hanno alcuna analogia colla Terra.

Ma nello spazio che stendesi fra i due gruppi di pianeti, pei quali vennero segnalati gl' intimi rapporti col nostro globo, esiste un altro gruppo formato di cinquantaquattro corpi circolanti intorno al Sole, come è indicato dal disegno del sistema tracciato al capitolo II figura 1. Il loro numero aumenta ogni anno; ogni anno se ne scoprono de' nuovi.

XXII.

Questi corpi chiamati *planetoidi* o *asteroidi* (20) obbediscono alle leggi della gravitazione nel loro moto intorno al Sole. Essi non

presentano soltanto fra loro delle differenze nella distanza dal Sole; ma differiscono ancora l'un dall' altro nella loro istessa estrema piccolezza. Il telescopio li mostra come stelle di decima o duodecima grandezza, e le loro grandezze reali sono così piccole che non si poterono ancora determinare, malgrado il numero e la potenza dei telescopj che loro vennero diretti.

Ignorasi la loro origine e la parte che rappresentano nell'economia della creazione. Gli uni pretendono che siano frammenti di un medesimo pianeta, il quale sia stato incontrato e frantumato dal nucleo solido di una cometa, — ammessa per tal modo anche la possibilità dell' esistenza preventiva di un tal corpo —. Altri, ritenendo anch' essi che siano frammenti di un medesimo pianeta, dicono esser stato prodotto lo spezzamento da un' interna esplosione, vale a dire da una causa analoga a quella dei nostri terremoti ed altri fenomeni vulcanici. Infine v' hanno alcuni che, rigettando siffatta ipotesi della rottura di un antico pianeta, vi sostituiscono un'ipotesi tutt' opposta: secondo essi questi numerosi e piccoli corpi non sarebbero che i germi o gli elementi costitutivi di un futuro pianeta, il quale si formerebbe mediante la lenta e graduata riunione di ognuno d'essi in un sol globo; fors' anche alcuni d' essi assumerebbero la forma di satelliti, e ne adempirebbero le funzioni rispetto al nuovo pianeta.

Per quanto ingegnose e attraenti siano queste idee non entrano nel nostro disegno, e le lasciamo quindi da parte. È chiaro che i planetoidi nel loro stato attuale non presentano colla Terra nessuna delle analogie che con tanta evidenza appariscono negli altri pianeti.

Prof. Curzio Buzzetti.

NOTE.

Nota preliminare.

Storica. — È da secoli che fu sollevata la quistione, se i pianeti sieno globi analoghi alla Terra, e come essa abitati.

„ La pluralità dei mondi, dice Lalande (*Abrégé d'astronomie*, p. 438), già si trovava nelle *Orfiche*, cioè in quelle antiche poesie greche che vennero attribuite ad Orfeo. I pitagorici, come Filolao, Niceta, Eraclide, insegnavano che gli astri erano altrettanti mondi; e molti antichi filosofi ammettevano anche infiniti mondi al di là del limite a cui può giungere la nostra vista. Epicuro, Lucrezio e tutti gli epicurei erano della medesima opinione; e Metrodoro trovava altrettanto assurdo l'ammettere un sol mondo nello spazio infinito, quanto il dire che una sola spica di frumento possa crescere in una vasta campagna. Senofane, Zenone d'Elea, Anassimene, Anassimandro, Leucippo e Democrito sostenevano la stessa opinione. Infine vi ebbero dei filosofi, che, mentre ammettevano essere unico il nostro mondo, attribuivano abitanti alla Luna. „

È facile il vedere che queste opinioni non avevano alcuna solida base: esse erano figlie di un'immaginazione ardente, entusiasta, e non avevano per punto d'appoggio nessun fatto esperimentale ben determinato. Per poter dire con qualche apparenza di certezza che i pianeti, come la Terra, avevano abitanti, bisognava dapprima essere in grado di comprendere le analogie esistenti fra i pianeti e la Terra: ora nessuno prima di Galileo fu da ciò.

Galileo per primo « ebbe la fortuna di contemplare tutte le meraviglie rivelate dal telescopio »; pel primo scoprì che la Terra nulla aveva di eccezionale ... Eppure, malgrado le analogie che da tutte le parti scorgeva fra la Terra e gli altri pianeti, Galileo nulla osò conchiudere intorno alla loro abitabilità... « Vi sono, diceva egli, nei pianeti degli animali e dei vegetabili come sulla Terra? A questa domanda io non risponderò nè sì nè no. » (Arago, *Biografies*, t. III, p. 292-293) (1).

I suoi successori non ebbero altrettanto riserbo.

Nel 1647 Evelio, che credeva la Luna abitata, ed aveva imposto a'suoi abitanti il nome di *Seleniti*, ricercava le differenze che li caratterizzavano in ciascun emisfero lunare.

La *Pluralità dei mondi*, di Fontenelle, data dal 1686. Fontenelle, che con ingegnoso e sapiente scherzo non poco contribuì alla diffusione dell'astronomia, mentre riuscì a farsi intendere dall'ignorante ed ammirare dal dotto, Fontenelle trattò la quistione con una insuperabile abilità. Anche attualmente il suo libro è un capo-lavoro, se non di scienza, almeno di stile. Per Fontenelle la Luna è abitata, ed i pianeti del pari: ma da chi? Da uomini? « Non gli ho veduti, dic'egli, ma non è perchè gli abbia veduti che ne parlo.... »

(1) « Che il parer di quelli che pongono abitatori in Giove, in Venere, in Saturno e nella Luna sia falso e dannando, intendendo però per abitatori gli animali nostrali, e sopra tutto gli uomini, io non solo concorro con Apelle in reputarlo tale, ma credo di poterlo con ragioni necessarie dimostare. Se poi si possa probabilmente stimare nella Luna o in altro pianeta esser viventi e vegetabili diversi non solo dai terrestri, ma lontanissimi da ogni nostra immaginazione, io per me, nè lo affermerò, nè lo negherò ma lascerò che più di me sapienti determinino sopra ciò e seguiterò le loro determinazioni. » (*Le Opere* di Galileo Galilei. — Firenze 1843-56. — Terza Lettera a Marco Velseri, 1 dicembre 1612 T. III. pag. 491; e Lettera al Principe Federico Cesi, 25 gennajo 1613, T. VI. pag. 200).
(*Nota del Trad.*)

Nel suo *Cosmotheros* (verso l'anno 1690) Huygens non ammette il menomo dubbio sugli abitanti dei pianeti. « Si può anche dire, osserva scherzando Babinet (*Études et Lectures*, ecc., t. III, p. 296), che egli ha spinto *oltre ogni limite* la loro analogia cogli abitanti della Terra. » Huygens infatti loro concede delle cognizioni musicali.., del che non è facile assicurarsi; e certo non è per aver assistito ai loro concerti che ne parla.

Il Tedesco Wolf (verso il 1720) determinò la statura degli abitanti di Giove, appoggiando il suo ragionamento sui seguenti fatti: — Più lontano è un pianeta dal Sole, più grandi devono essere le pupille degli occhi de' suoi abitanti, altrimenti non vedrebbero essi colla conveniente chiarezza; ora gli abitanti di Giove sono alla distanza di..... leghe dal Sole; adunque (prendendo gli abitanti della Terra e la Terra medesima per termini di confronto) per vedere occorrono loro pupille del diametro di...: ma se essi hanno pupille del diametro di..., loro fa d'uopo di un corpo proporzionato. — In conclusione, a calcoli fatti, Wolf dà 13 piedi di altezza al popolo di Giove. Nessuno fin qui ha provato che bisogni detrarne qualche cosa.

Nell'*Enciclopedia*, V. *Monde*, d'Alembert, dopo aver passate in rivista le probabilità pro e contro l'esistenza d'abitanti nei pianeti, finisce col dire: « Non se ne sa nulla. »

Guglielmo Herschel credeva il Sole abitato (*Philosofical transactions*, 1795 p. 51); e si è veduto, cap. IV, § XVIII del *Museo*, che questa ipotesi è inammissibile.

Infine nel 1853 e 1854 due importanti opere vennero pubblicate sulla quistione che ora ci occupa. L'una è dovuta a Whewell, e porta il titolo di *Saggio sulla pluralità dei mondi (of the Plurality of worlds, an essay)*; l'altra ha per titolo: *Più di un mondo*; *Credo del filosofo e speranza del cristiano* (*More wordls than one; the Cred of tye philosopher and the hope of the christian*); e la si deve a Davide Brewster.

Whewell non accorda che alla Terra esseri dotati di ragione. « I pianeti più di noi vicini al Sole non possono avere esseri ragionevoli, giacchè essi sono troppo vicini al Sole; quelli che sono al di sopra della Terra subiscono la medesima esclusione a cagione della troppa loro distanza. Infine, ritenendosi che tutti i Soli, per la loro analogia col nostro, sieno generalmente circondati da pianeti con o senza lune, questi pianeti sono anch'essi, pel dotto teologo inglese, spopolati di esseri pensanti. » (Babinet, t. III).

Davide Brewster fece tutto l'opposto dell'opera di Whewell: il suo *More worlds than one* ne è la confutazione.

E qual è lo stato attuale della quistione? Babinet l'ha riassunto in questi termini: « È ora una volgare nozione, dice egli, che tutti i pianeti formanti il corteggio del Sole sono analoghi alla nostra Terra. Ora su quest'ultima da un periodo quasi infinito di secoli è apparsa la vita, e si è sviluppata sotto l'impero di circostanze meteorologiche molto diverse da quelle che si produssero all'epoca dell'ultima catastrofe, la quale da solo alcune poche migliaja d'anni ha stabilito sul nostro globo l'ordine fisico che vi domina attualmente. All'origine dei depositi dei terreni terziarj acque bollenti sopra un suolo incandescente, un'atmosfera sparsa di mille gas impuri, e tanto più calda quanto più era densa, costituivano dissimiglianze tra la terra antica e la terra attuale assai maggiori di quelle, che noi possiamo supporre tra quest'ultima e gli altri pianeti nel loro presente stato; eppure vi si originava la vita. Così nulla osta alla probabilità che i pianeti contengano esseri viventi. Infatti noi non possiamo rifuggire dall'idea che la Terra sia stata fatta per essere abitata da esseri viventi; giacchè, avvi tale armonia fra questi esseri e i climi del nostro pianeta, che l'idea d'abitazione si collega immediatamente all'idea d'abita-

bilità; e siccome noi riconosciamo essere i pianeti abitabili, così è quasi certo che sieno abitati; altrimenti a che servirebbe la loro abitabilità? »

Nota 1. pag. 90. — Alcune parole sui telescopj e i cannocchiali.

Un *cannocchiale* è formato di due vetri lenticolari (vale a dire aventi la forma di lenti) collocati alle estremità di un cilindro, o tubo, che serve principalmente a mantenerli ad una conveniente rispettiva distanza. Uno di questi vetri è assai largo, ed è quello che è rivolto all'oggetto, e che perciò dicesi *obbiettivo;* all'altra estremità trovasi un'altra lente assai incurvata: e a ciò si riduce tutta la costruzione d'un cannocchiale... Quanto alla sua teoria, essa si fonda su ciò, che il vetro rivolto verso l'oggetto lontano ne riproduce dietro a sè l'immagine in un punto dello spazio detto *foco*....; l'altro vetro, chiamato *oculare* perchè vi si applica l'occhio, è assai curvo, per conseguenza ha una breve distanza focale, e ingrandisce quest'immagine aerea formata dall'obbiettivo precisamente come se questa fosse l'oggetto stesso. — Così in un cannocchiale v'hanno due parti essenziali; una lente cioè che forma l'immagine dell'oggetto lontano, ed una lente che la ingrandisce. (Vedi Arago, *Leçons d'astronomie*).

Nei cannocchiali l'immagine si ottiene mediante la *rifrazione*: nei telescopj invece mediante la *riflessione.* (Si daranno in seguito i significati di questi due vocaboli).

Come il cannocchiale anche il telescopio si compone di un cilindro, una delle cui estremità è aperta e rivolta all'oggetto che si vuol osservare, e l'altra estremità è munita di uno specchio metallico concavo, che per riflessione produce avanti a sè l'immagine dell'oggetto. Per vedere quest'immagine bisogna che l'osservatore volga le spalle all'oggetto, e si pieghi verso l'estremità aperta del cilindro per portare gli occhi nell'interno di esso; da ciò si intende che una parte dell'oggetto trovasi per tal modo intercettata dall'osservatore medesimo.

Tale era in origine il telescopio: Newton, Gregory, Guglielmo Herschel lo migliorarono.

Newton e Gregory immaginarono di portar l'immagine, mediante una *seconda riflessione,* o, se si vuole, mediante un secondo specchio, al di fuori del tubo che serve a mantenere allo stesso posto e difendere lo specchio principale. Ma questa modificazione, sebbene molto importante, non offriva vantaggi tanto grandi perchè non si pensasse a sostituirvene un'altra : ed Herschel vi pensò.

« Nel suo gran telescopio, dice Arago (*Annuaire du Bureau des longitudes* pel 1842, p. 260 e seg.), Herschel soppresse il piccolo specchio; ed il grande specchio non venne matematicamente centrato entro al tubo che lo conteneva, ma vi venne collocato alquanto obbliquamente. Questa leggera obbliquità era tale, che le immagini non venivano a formarsi sull'asse del tubo, ma *vicinissimo* alla sua circonferenza, o meglio alla sua apertura esteriore. L'osservatore poteva adunque osservarle direttamente per mezzo di un oculare; e sebbene una piccola porzione della testa dell'astronomo venisse a cadere nell'apertura del tubo, e intercettasse alcuni raggi incidenti, pure in un telescopio tanto grande la perdita non giungeva ad essere di presso che metà, come sarebbe inevitabilmente accaduto per effetto del piccolo specchio.

I telescopj nei quali l'osservatore collocato all'estremità anteriore del tubo guarda direttamente nello specchio volgendo le spalle agli oggetti, vennero chiamati da Herschel *front-view telescopes* (telescopj a vista di fronte o di faccia). »

Il telescopio d'Herschel, di cui parla Arago, aveva un tubo cilindrico di ferro di 39 piedi e 4 pollici inglesi di lunghezza (12 metri), e di 4 piedi e 10 pollici di diametro (1^m, 47).

« Cotali dimensioni, dice ancora Arago, sono enormi in confronto a quelle dei telescopj fino allora costruiti: esse nondimeno sembreranno meschine alle persone che hanno inteso parlare di un preteso ballo dato nel telescopio di Slough. I propagatori di questa diceria popolare avevano confuso l'astronomo Herschel col fabbricatore di birra Meux, e un cilindro, in cui un uomo della più piccola statura potrebbe appena tenersi in piedi, con certe botti di legno, grandi come case, entro le quali a Londra si fabbrica e si conserva la birra. »

Il telescopio costruito a' nostri giorni da Lord Rosse è più rimarchevole ancora. « Esso ha un'apertura di due metri; ed è posto sopra una specie di torre, o piuttosto di fortificazione a merli, i cui muri hanno da 60 a 80 piedi di lunghezza da nord a sud ed una cinquantina di piedi di altezza. Si può facilmente calcolare che un gigante, che avesse la pupilla dell'occhio eguale all'apertura del telescopio di Lord Rosse, sarebbe alto circa 150 metri, giacchè l'altezza del corpo è quasi 75 volte il diametro della pupilla dell'occhio; per cui ad una pupilla di due metri di apertura corrisponderebbe una statura di 150 metri. Con questo telescopio si vedrebbe facilmente nella luna una cattedrale o una costruzione di eguali dimensioni. » (Babinet, t. I, p. 98, e. t. III. pag. 264).

Nota 2, pag. 91. — Per *sistema solare* s'intende quell'insieme, quella riunione di pianeti e di satelliti che circolano intorno al Sole, essendo esso stesso parte e centro del sistema. In altri termini il sistema, o l'insieme di mondi in seno ai quali vive l'uomo, si compone: 1.° di un sole; 2.° di otto grandi pianeti; 3.° di un numero indeterminato, sconosciuto, di piccoli pianeti situati fra le orbite di Marte e di Giove; 4.° di satelliti o lune, che illuminano le notti dei pianeti; 5.° infine di un numero indeterminato di comete. — Oltre questo sistema ne esistono infiniti altri; si conoscono i soli di alcuni di essi, vale a dire di molti millioni di essi....., ma a dire il vero molto imperfettamente.

Nota 3, pag. 92. — Secondo Laplace la probabilità di essere malgiudicati, alla maggioranza di 7 voti contro 5, è di un cinquantesimo; per modo che gli accusati non colpevoli, i quali sarebbero annualmente condannati a questa maggioranza di 7 contro 5, sarebbero nel rapporto di 1 sopra 50. (*Vedi* Arago, *Not. biogr.* t. II p. 621 e 622).

Nota 4, pag. 94. — Dicesi *orbita* la curva che descrive ciascun pianeta nel suo moto di traslazione intorno al Sole. Le diverse orbite non sono tutte situate nel medesimo piano, ma sono fra loro inclinate più o meno, in maniera da formare alle loro intersezioni angoli più o meno grandi. (Vedi *Wonders of the Heavens*, p. 40).

Nota 5, pag. 94. — I moti dei pianeti intorno al Sole e dei satelliti intorno ai loro pianeti hanno in generale una comune direzione (eccettuati i satelliti d'Urano e un gran numero di comete); e una tal direzione è quella della rotazione della Terra sul proprio asse. Siccome per questa rotazione il Sole e gli altri oggetti celesti risultano dotati d'un moto apparente d'oriente verso occidente, così essa deve compiersi d'occidente verso oriente; giacchè il moto apparente in tutti i casi simili ha una direzione contraria a quella del moto reale. Se pertanto un osservatore collocato nell'emisfero boreale potesse osservare la Terra, la direzione della sua rotazione gli apparirebbe essere contraria a quella degli indici di un orologio; e se fosse collocato nell'emisfero australe, il moto gli sembrerebbe avere la stessa direzione di quella degl'indici degli orologi. È lo stesso per conseguenza di tutti i moti planetarj; ed un osservatore che considerasse il sistema solare dalla parte boreale dell'eclittica, vedrebbe i moti compiersi in verso contrario alla direzione degli indici di un orologio; mentre se lo considerasse dalla parte australe, egli li vedrebbe compiersi secondo la direzione di questo moto.

Nelle diverse parti di quest'opera che riguardano l'astronomia l'osservatore si suppone collocato talvolta da una parte talvolta dall'altra del piano dell'eclittica ; quindi tutte le volte che il moto indicato dalle frecce è contrario a quello degli indici di un orologio, si deve supporre che il pianeta o i pianeti sieno veduti dalla parte boreale dell'orbita; e tutte le volte che le frecce sono nella stessa direzione degli indici di un orologio, si deve supporre che i pianeti sieno ravvisati dalla parte australe. Nel diagramma qui sopra, fig. 1, l'osservatore si ritiene collocato dalla parte australe del piano *(eclittica)* al quale si riferiscono le diverse orbite.

Nota 6, pag. 95. — I cammini, o le orbite che percorrono i pianeti nei loro moti intorno al Sole, sottoposte ad un rigoroso esame , non presentano forme esattamente circolari ma ovali, sebbene differiscano così poco dalla forma circolare, che volendole descrivere sulla carta serbando le loro proporzioni reali, si finirebbe col tracciare delle figure affatto simili a circoli. Quì pertanto si possono considerare le orbite dei pianeti come circonferenze circolari concentriche, ed aventi il Sole per centro comune. — *Concentrico* significa *che ha un centro comune.*

Nota 7, pag. 105. — *Vedi* più basso alla nota 19.

Nota 8, pag. 105. — *Vedi* più basso alla nota 19.

Nota 9, pag. 111. Considerando le forme, le apparenze e le disposizioni tanto svariate delle nubi, sembra impossibile per esse qualsivoglia classificazione. Nondimeno molti meteorologisti si sono forzati di ricondurle ad alcuni tipi principali, i quali, se importanti per sè medesimi, lo sono sopra tutto per ciò che si riferiscono a modificazioni atmosferiche anteriori, e ci somministrano indicazioni preziose sui futuri cambiamenti del tempo.

Howard ha distinte dalla loro forma tre sorta di nubi: i *cirri*, i *cumuli* e gli *strati*, alle quali si riferiscono poi quattro forme di transizione: i *cirro-cumuli*, i *cirro-strati*, i *cumuli strati* e i *nembi.*

Il *cirro* (*coda di gatto* dei marinaj, *nubi* di *sud-ovest* dei contadini svizzeri) si compone di sottili filamenti, il cui insieme assomiglia talvolta a un pennello, talvolta a capelli crespi e talvolta ad una sottile reticella.

Il *cumulo*, o nube d'estate (*balla di cotone* dei marinaj), si mostra sovente sotto la forma di una mezza sfera appoggiata su di una base orizzontale. Talvolta questi emisferi s'ammonticchiano gli uni sopra gli altri, e formano quelle grosse nubi accumulate all'orizzonte che rassomigliano di lontano a montagne coperte di neve.

Lo *strato* è una fascia orizzontale che si forma al tramonto del sole, e scompare al suo nascere.

Sotto il nome di *cirro-cumuli* Howard intende quelle piccole nubi rotonde che sovente si chiamano *pecorelle;* e quando il cielo ne è coperto si dice *pomellato.*

Il *cirro-strato* si compone di piccole fasce formate da fili più riserrati di quelli dei *cirri*, perchè il sole tante volte difficilmente può attraversarli co'suoi raggi. Queste nubi formano degli strati orizzontali, che allo zenit sembrano composte di un gran numero di sottili nubi, mentre all'orizzonte, scorgendosene la projezione verticale, si veggono formare una fascia lunga e strettissima.

Quando i *cumuli* s' ammucchiano e divengono più densi , passano allo stato di *cumuli-strati*, le quali assumono sovente all' orizzonte una tinta nera volgente al cilestro; od anche passano allo stato di *nembi* o nubi piovose. Il nembo si distingue per la sua tinta di un grigio uniforme e pei suoi lembi a frange ; le nubi che lo compongono sono tanto fra loro confuse da riescire impossibile il distinguerle (*Vedi* L. F. Kaemtz, *Corso completo di meteorologia,* tradotto e annotato da Ch. Martins, p. 115 a 125, ediz. 1843).

Nota 10, pag. 114. — *Vedi* la nota 11.

Nota 11, pag. 120. — La gravità è la tendenza apparente di molti corpi ad avvicinarsi gli uni verso gli altri. Infatti le espressioni di *gravità, peso, forza centripeta* ed *attrazione*, che s'incontrano ad ogni istante nelle opere d'astronomia, si riferiscono tutte alla medesima cosa. Ma esattamente parlando questa tendenza si denomina *gravità*, o *forza di gravità*, quando essa si manifesta verso la terra; si chiama invece *forza centripeta*, quando se ne considera la manifestazione verso di un centro; mentre se si considera la massa alla quale il corpo tende ad unirsi, dicesi allora *forza attrattiva*, *forza attraente* o *forza d'attrazione;* e quando un altro corpo si trova sul cammino o sulla via di questa tendenza, l'effetto di essa su questo corpo chiamasi *peso*.

I corpi gravitano verso la Terra, e la Terra alla sua volta gravita verso questi corpi. La forza di gravitazione dei corpi intieri esiste anche nelle loro parti: giacchè aggiungendo, o togliendo una parte della materia del corpo, la sua gravità ne è soltanto aumentata o diminuita nel rapporto della quantità di questa parte alla massa intiera. Da ciò risulta infine che, alla medesima distanza dal centro, le forze colle quali più corpi vi gravitano sono nello stesso rapporto delle quantità di materia onde essi si compongono (1).

L'esistenza di questa forza di gravitazione, o della tendenza dei corpi gli uni verso gli altri, si estende molto al di sopra della Terra, fino alla Luna, a tutti i pianeti e a tutti i satelliti del sistema solare; e considerata sotto questo rapporto, la gravitazione prende il nome di *gravitazione universale*.

La causa della gravità, vale a dire di questa tendenza dei corpi gli uni verso gli altri, s'ignora ancora.

Copernico considerò la gravità come un principio innato della materia; Keplero, Gassendi ecc. attribuirono la gravità ad una certa attrazione magnetica della Terra; Descartes, ecc. ad un' impulsione esteriore di una materia sottile; Hook e Vossius furono della stessa opinione; Halley e Clarke, disperando di trovare una soddisfacente teoria, preferirono attribuirla ad un fenomeno occulto; S'Gravesand, Newton e Cotes furono anch' essi quasi della medesima opinione.

In un'altra parte di questo trattato sarà più ampiamente discusso questo importante argomento.

Nota 12, pag. 129. — *Vedi* più basso la nota 19.

Nota 13, pag. 131. — *Vedi* più basso la nota 19.

Nota 14, pag. 136. — Si dice che un astro è in *opposizione* rispetto ad un altro astro quando la sua longitudine differisce di 180 gradi dalla longitudine di questo. — Si dice che è in *congiunzione* quando ha la medesima longitudine di questo. — Avvi eclisse di Sole quando la Luna è esattamente in congiunzione col Sole; vale a dire quando essa si trova sulla medesima retta colla Terra e il Sole, e collocata fra questi due astri; avvi eclisse di Luna quando la Luna è in esatta opposizione col Sole, vale a dire quando si trova sulla stessa retta colla Terra e il Sole, e dalla parte opposta di quest'ultimo. — Del resto alcuni capitoli furono consacrati alla quistione degli eclissi, ecc.

Nota 15, pag. 147. — *Vedi* la nota 14.

(1) La forza di gravitazione cambia anche al cambiare la distanza del corpo dal centro verso cui gravita, e scema coll'aumentare questa distanza; per modo che se questo corpo venisse a trovarsi a distanza dal centro *doppia*, *tripla*, ecc., della sua primitiva, la forza di gravitazione diverrebbe in corrispondenza la *quarta parte*, la *nona parte*, ecc., della primitiva. Da ciò deriva la legge che si enuncia dicendo essere *la forza di gravitazione in ragione inversa dei quadrati delle distanze.*
(Nota del Trad.)

Nota 16, pag. 150. — La declinazione di un astro indica il cerchio parallelo all'equatore sul quale esso si trova situato. (*Vedi* la nota 19). Determinata la declinazione di Sirio, per esempio, la stella più brillante del cielo, si può assegnarne la posizione in un punto qualunque sul parallelo che vi corrisponde; ma in questo caso dove collocare le altre stelle che hanno la medesima declinazione di Sirio? Ne viene adunque che a determinare completamente le posizioni delle stelle non bastano le osservazioni soltanto delle loro declinazioni, ed è a ciò necessario conoscere un altro elemento, qual'è l'*ascensione retta* (che corrisponde alla longitudine terrestre) dell'astro. Per ottenere questo secondo elemento l'osservatore nota con precisione l'ora, il minuto, il secondo in cui l'astro, per esempio Sirio, viene a passare al filo medio del cannocchiale meridiano; osserva colla medesima precisione gli istanti dei passaggi al meridiano d'altre stelle; e confrontando fra loro le osservazioni dei passaggi al meridiano delle diverse stelle, ottiene *in tempo* gli intervalli che le separano; e gli riesce quindi facile convertire questi tempi *in archi di circoli massimi*, appoggiandosi all'uniformità del moto della sfera celeste, la quale compie invariabilmente la sua rivoluzione in 24 ore, donde risulta che una differenza di un'ora corrisponde a 15 gradi, 1 minuto di tempo a 15 minuti d'arco, ed 1 secondo di tempo a 15 secondi d'arco. Si hanno così le reciproche distanze dei diversi meridiani sui quali trovansi le stelle osservate, essendo preso uno d'essi come principio di partenza; si hanno cioè quelle che si chiamano le loro *ascensioni rette* (1). Un errore di 1 secondo affetterebbe la misura dell'arco di un errore di 15 secondi; ma si diminuisce considerevolmente la probabilità di un tal errore dividendo il campo del cannocchiale in molti intervalli eguali per mezzo di fili verticali ed equidistanti di una maravigliosa sottigliezza (pel che si fa uso di fili di platino molto più sottili di quelli di una ragnatela); e per mezzo de'quali si può determinare la posizione precisa degli astri che si osservano. E perchè questi fili si mantengano sempre fissi e ben tesi, sono essi applicati ad una lastra metallica forata ed in forma di diaframma, che si fissa nel cannocchiale per mezzo di una vite laterale. Quest'apparecchio chiamasi *micrometro* (vocabolo che significa misuratore di piccole quantità); e ve ne sono di differenti specie: il più semplice si compone di cinque fili paralleli, e di un sesto che li taglia ad angoli retti.

L'istante del passaggio dell'astro a ciascuno di questi fili si conta con mirabile precisione per mezzo di un orologio costituito di un meccanismo particolare e ingegnosissimo. (*Vedi* Arago *Leçons d'astronomie*, pag. 85 e seg.)

Nota 17, pag. 153. — *Vedi* nota 19.

Nota 18, pag. 154. — *Vedi* nota 19.

Nota 19, pag. 155. — In questa verranno dati i significati del maggior numero delle espressioni tecniche fin qui usate.

Poli. Asse. — Tutte le stelle sembrano ruotare intorno a due punti del cielo l'uno situato dalla parte di nord, l'altro dalla parte di sud; dicesi il primo *polo nord celeste*, il secondo *polo sud*. La retta immaginaria condotta dall'uno all'altro di questi punti dicesi *asse*.

Oltre ai poli ed all'asse celeste, vi hanno molti altri punti, linee e cerchi immaginarii indispensabili a conoscersi da chi vuole rendersi sufficientemente ragione de' fenomeni del cielo: tali sono l'equatore, il meridiano ecc.

L'equatore, così chiamato perchè taglia la sfera stellata in due parti eguali, è un cerchio immaginario che si stende intorno al cielo ad eguale distanza dai due

(1) Il meridiano celeste che si prende qual principio di partenza per contare le ascensioni rette, è quello che passa per quel punto che chiamasi *equinozio di primavera*. (*Vedi* nota 19). (*Nota del Trad.*)

poli; esso divide adunque la sfera stellata in due metà, di cui l'una ricevette nome d'*emisfero boreale* e l'altra d'*emisfero australe*.

L'orizzonte, o la linea secondo cui la terra sembra incontrare il cielo, opera un'altra divisione del mondo stellato: esso lo divide in emisfero visibile, il quale comprende *le stelle che trovansi al di sopra dell'orizzonte;* e in emisfero invisibile, che comprende *le stelle che sono al di sotto dell'orizzonte.*

Il punto del cielo situato al di sopra del nostro capo dicesi *zenit*, quello che vedremmo al di sotto dei nostri piedi, se potessimo collo sguardo attraversare la terra, dicesi *nadir*.

Dicesi *meridiano* un altro cerchio artificiale la cui immaginaria periferia passa pel polo nord, lo zenit, il polo sud, e ritorna al polo nord. Come l'equatore, il meridiano divide la sfera in due parti eguali; ma mentre l'equatore la divide in emisfero boreale e in emisfero australe, il meridiano la divide in emisfero orientale e in emisfero occidentale: in altri termini l'equatore e il meridiano sono due linee perpendicolari fra loro; e mentre la prima si dirige da ovest a est, l'altra si dirige da nord a sud.

Eclittica, ecc. — Il sole descrive nel cielo la periferia d'un circolo massimo nel corso di un anno: questo cerchio porta il nome di eclittica. — Il piano dell'eclittica fa un angolo di 23° 1/2 col piano dell'equatore, per modo che il punto più boreale dell'eclittica non è che 66° 1/2 lontano dal polo nord celeste, mentre il punto più australe dell'eclittica è lontano dal polo nord celeste di 113 1/2.

Dicesi *linea degli equinozj* la retta intersezione dei piani dell'equatore e dell'eclittica; le sue estremità determinano nel cielo i *punti equinoziali*, o gli *equinozj*, uno dei quali è l'*equinozio di primavera* e l'altro l'*equinozio d'autunno*, giacchè il sole vi arriva al cominciare di queste due stagioni. — Il sole passando dall'equinozio di primavera all'equinozio d'autunno rimane al nord dell'equatore, rimane al sud di questa linea passando dal secondo al primo punto.

Il *solstizio d'estate* è il punto dell'eclittica più lontano dall'equatore dalla parte di nord, e il *solstizio d'inverno* è il punto dell'eclittica più lontano dall'equatore dalla parte di sud. La retta condotta da un solstizio all'altro dicesi *linea dei solstizj;* ed è perpendicolare alla linea degli equinozj.

I *tropici* sono due circoli paralleli che trovansi a 23° 27' 1/2 uno per parte dell'equatore.

Diconsi *paralleli di declinazione* dei circoli paralleli all'equatore celeste.

Il vocabolo *culminazione meridiana* significa che una stella è giunta alla sua massima altezza al di sopra dell'orizzonte dell'osservatore.

Uranografia, vuol dire descrizione dei fenomeni celesti. (Stewart's *Mathematical geography and astronomy*; Saigey *Manuel;* Chambers's *Information for the people;* Delaunay, *Corso d'astronomia*, ecc., ecc.)

Devesi qui far osservare che il dottor Lardner, in un'altra serie di capitoli sulla astronomia, spiega le parole tecniche generalmente usate. Trovasi inutile per conseguenza l'estendersi in questo argomento.

Nota 20, pag. 159. — Il numero degli asteroidi aumenta ogni anno. Nel 1856 Léverrier, relativamente all'*Athenaeum* inglese, pretendeva che prima del 1860 se ne sarebbero scoperti un centinajo.

Note addizionali.

1.° Quando un raggio luminoso cade su di una superficie tersa, d'oro, d'acciaio, di vetro, di diamante ecc., questo raggio è rimandato indietro dalla superficie

in maggiore o minor quantità: in questo caso avvi *riflessione*. — Dicesi *rifrazione* la deviazione che prova la luce passando da un mezzo in un altro, per esempio dall'aria nell'acqua, nel vetro, nel diamante, ecc.; essa prova un cambiamento brusco di direzione, come possiamo assicurarci, sia immergendo nell' acqua la metà di un bastone, sia immergendovi una moneta. — (Il *Museo* consacra alcuni capitoli alla spiegazione dei fenomeni ottici).

2.° La memoria del dottor Lardner, *On the Uranography of Saturn*, alla quale egli fece allusione nel corso di questi quattro capitoli sull'astronomia, doveva essere qui in parte riferita: si troverà inserita in seguito ad un'altra serie.

3.° Dopo avere esaminato quanto fu detto pro e contro l'esistenza d'un' atmosfera lunare, gli autori dell'articolo *Astronomia*, dell'*Enciclopedia britannica*, concludono con queste parole, tom. IV, pag. 44:

" Da tutto questo è evidente non esservi nella luna alcun animale costituito alla medesima maniera delle creature della terra. Nella luna tutto apparisce allo stato solido, tutto è desolato e improprio alla produzione e all'esistenza di esseri organizzati; il freddo eccessivo che certamente vi regna deve bastare per estinguere qualunque specie di fuoco, e per inaridire qualunque sorgente di vita animale e vegetale. Non potrebbesi supporre che la luna sia un pianeta che non abbia ancora raggiunto il suo stato di maturità, quale potrebbe essere determinato da successive eruzioni vulcaniche, oppure dobbiamo credere che, avendo compiuto il suo destino, trovisi ora in uno stato di decadenza? "

4.° *Sulla costituzione fisica del sole*. — " Uno sguardo sui lavori dei filosofi antichi e dei moderni osservatori proverà dapprima, che, se da duemila anni si studia il sole, il punto di vista ha però sovente cambiato, e che in questo intervallo la scienza ha fatto immensi progressi.

" Anassagora pretendeva che il sole non fosse guari più grande del Peloponneso.

" Eudosso, che godè di tanta stima nell'antichità, attribuiva a quest' astro un diametro nove volte maggiore di quello della luna; era un gran progresso se si confronta questa valutazione a quella di Anassagora, ma il numero dato dal filosofo di Gnido era ancora enormemente lontano dalla verità.

" Cleomede, che scriveva sotto il regno di Augusto, dice che gli epicurei, riferendosi alle apparenze, sostenevano che il diametro reale del sole non era maggiore di un piede.

" Confrontiamo ora queste valutazioni arbitrarie colla determinazione che si deduce dai lavori degli astronomi moderni eseguiti colle più minuziose cure, e per mezzo di strumenti di sorprendente delicatezza. Il sole ha 357,000 leghe (da 4 chilometri) di diametro: è facile il vedere esservi una gran differenza tra questo numero e quello adottato dagli epicurei.

" Supponendo il sole sferico, il suo volume è eguale a 1,400,000 volte quello della terra. Siccome nella vita usuale non si fa uso frequentemente di numeri tanto grandi, e non ci porgono quindi un'idea precisa delle grandezze che rappresentano, richiamerò qui un' osservazione che meglio farà sentire l'immensità del volume solare. Immaginiamo che il centro del sole coincida con quello della terra, non solamente la sua superficie giungerà alla regione nella quale circola la luna, ma la sorpasserà quasi d'altrettanto.

" Questi risultati tanto rimarchevoli per la loro immensità, hanno la certezza de' principii della geometria elementare che loro hanno servito di base.

" Essendo molto lungo il cammino che ne resta a percorrere, non mi fermerò ai particolari derivanti dal confronto fra i risultati veramente assurdi per la loro piccolezza ai quali gli antichi erano giunti intorno alla distanza del sole dalla terra

e quelli che vennero dedotti dalle osservazioni moderne. Mi limiterò anzi a dire essere dimostrato, dopo il passaggio di Venere osservato nel 1769, che la distanza media del sole dalla terra è di 38 milioni di leghe, e che dall' inverno all'estate l'astro si allontana da noi di più di un milione di leghe: tale è la distanza dell' immenso globo di cui gli astronomi sono giunti a determinare la costituzione fisica. Nulla su questo riguardo troviamo negli antichi filosofi che meriti occuparci un solo istante.

" Le loro dispute sulla quistione se il sole sia un fuoco puro o grossolano, un fuoco eterno o suscettibile di spegnersi, non essendo appoggiate ad alcuna osservazione, lasciavano nella più profonda oscurità il problema che i moderni hanno tentato di risolvere.

" I progressi fatti in quest'argomento datano dal 1611. A quest'epoca poco lontana da quella dell' invenzione dei cannocchiali, un astronomo olandese, Fabrizio, vide distintamente delle macchie nere apparire al lembo orientale del sole, avanzarsi gradatamente verso il centro, passarlo, raggiungere il lembo occidentale, poi scomparire per un certo numero di giorni.

" Da queste osservazioni spesso ripetute dappoi si potè dedurre la conseguenza che il sole è un globo sferico, dotato di un moto di rotazione intorno al suo centro la cui durata è di 25 giorni e 1/2.

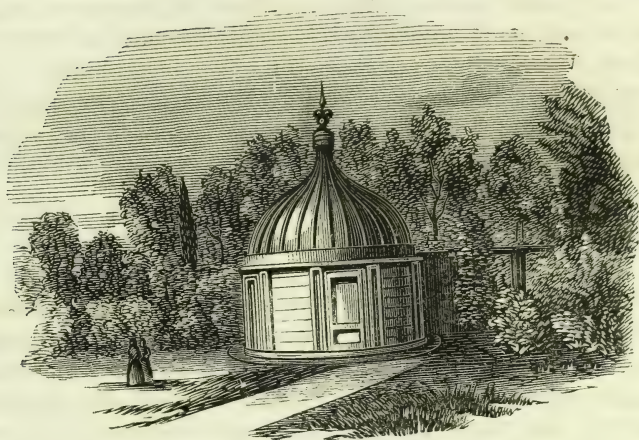
" Queste macchie nere irregolari e variabili, ma ben terminate al loro contorno, hanno talvolta considerevoli dimensioni; se ne sono vedute alcune la cui larghezza era più di cinque volte maggiore del diametro della terra: esse sono generalmente circondate da un'aureola sensibilmente meno luminosa del resto dell'astro, e che fu chiamata *penombra*. Questa penombra primieramente notata da Galileo, e accuratamente osservata nei cambiamenti che prova dagli astronomi suoi successori, ha condotto intorno alla costituzione fisica del sole ad una supposizione, la quale a tutta prima deve apparire ben singolare.

" Quest'astro sarebbe un corpo oscuro, circondato ad una certa distanza da un'atmosfera, che potrebbe essere paragonata all' atmosfera terrestre quando in questa trovasi uno strato continuo di nubi opache e riflettenti: a questa prima atmosfera succederebbe una seconda atmosfera luminosa per sè stessa, e che fu chiamata *fotosfera*, la quale, più o meno lontana dall'atmosfera nebulosa interna, determinerebbe col suo contorno i limiti visibili dell'astro. Seguendo quest'ipotesi, vi sarebbero delle macchie nel Sole tutte le volte che si formerebbero nelle due atmosfere concentriche delle aperture fra loro corrispondenti per le quali si potrebbe vedere a nudo il corpo centrale oscuro.

" Le persone che hanno studiati i fenomeni con potenti cannocchiali, gli astronomi di professione, infine tutti quelli che sono giudici competenti in siffatte questioni, riconoscono che l'ipotesi esposta sulla costituzione fisica del sole spiega i fatti in modo assai soddisfacente: essa nondimeno non è generalmente adottata; ed opere autorevoli rappresentano anche recentemente le macchie come tante scorie galleggianti alla superficie liquida dell'astro e uscite dai vulcani solari, dei quali noi non avremmo che una debole immagine nei vulcani terrestri.

" Sarebbe desiderabile adunque che per mezzo di dirette osservazioni si giungesse a determinare la natura della materia incandescente del Sole, " (Arago, *Annuaire* pel 1852, pag. 527 e seg.)

Malgrado le difficoltà che si opponevano alla soluzione di una quistione di questo genere, si è giunti tuttavia a risolverla completamente; e ai progressi dell' ottica devesi questo risultato. Vi si ritorna necessariamente nei trattati della *Luce*, del *Sole*, ecc.

I NUOVI PIANETI

Osservatorio di Mr. Bishop, nel Regent's Park, celebre perchè vi furono scoperti undici pianeti.

I. Scoperta di questi pianeti. — **II.** I vecchi pianeti. — **III.** Legge numerica delle loro distanze. — **IV.** Pianeta periodico. — **V.** Congettura del professore Bode. — **VI.** Scoperta di Cerere. — **VII.** Di Pallade. — **VIII.** Teoria del Dott. Olbers che li ritiene frammenti d'un pianeta spezzato.. — **IX.** Scoperta di Giunone. — **X.** Di Vesta. — **XI.** Rapida scoperta degli altri. — **XII.** Tavola del gruppo. — **XIII.** Circostanze che appoggiano la teoria del Dott. Olbers. — **XIV.** Dilettanti di astronomia. — **XV.** Piccolo volume di questi pianeti. — **XVI.** Conferma della teoria del Dott. Olbers. — **XVII.** Intensità della gravità alla loro superficie.

I

Senza essere astronomo, ciascuno che legga i giornali dev'essere informato del fatto che in questi pochi ultimi anni si scoperse una moltitudine di piccoli pianeti, i quali erano finora sfuggiti alla vigilanza ed alla sagacità degli osservatori nei varii paesi d'Europa. Siccome le circostanze che accompagnarono e precedettero questa straordinaria quantità di scoperte astronomiche sono nuove e piene d'interesse, ci proponiamo di esporle ai nostri lettori.

II.

Quasi tutti coloro che posseggono qualche cognizione al di là di quelle che si ricevono nell'educazione più volgare, sanno che il sistema solare, quale era conosciuto fino al secolo scorso, si componeva di sei pianeti i quali, nell' ordine della loro lontananza dal sole si chiamavano coi nomi mitologici di Mercurio, Venere, la Terra o Tellurio, Marte, Giove e Saturno. Circa tre quarti di secolo fa, il sig. William Herschel, ne aggiunse uno a questo numero, scoprendo il pianeta che fu poi chiamato Urano, il quale compie le sue rivoluzioni esteriormente all' orbita di Saturno.

III.

Confrontando tra loro le successive distanze di questi pianeti dal sole, Keplero osservò, che presentano una rimarchevole relazione numerica. Così, partendo da Mercurio, che è il pianeta più vicino al sole, e misurando gli intervalli fra ciascun pianeta ed il seguente più lontano dal sole, trovò che ogni successivo intervallo è quasi esattamente doppio del suo precedente, meno però una sorprendente eccezione presentata dall' intervallo fra Marte e Giove.

IV.

Sebbene questa rimarchevole legge aritmetica non presentasse quella precisione numerica che caratterizza le altre leggi astronomiche, pure si approssimava a questa esattezza in maniera così sorprendente, da far nascere un forte sospetto che dipendesse da qualche causa fisica, e non fosse meramente accidentale. La grande approssimazione al suo esatto adempimento, dava fondamento ad una congettura ragionevolissima che, cioè mancasse un pianeta nel sistema la cui posizione tra Marte e Giove fosse tale da riempire la lacuna restante nella serie delle distanze.

Per mostrare quanto fosse stretta l' analogia in favore di questa supposizione, abbiamo esposto nella tavola seguente la serie delle distanze dei pianeti dall' orbita di Mercurio quali sarebbero date dal calcolo quando la legge si verificasse esattamente, paragonate colle loro distanze effettive, presa per unità di misura la distanza fra la terra ed il sole.

	Distanza da Mercurio data dal calcolo.	Distanza effettiva da Mercurio.
Venere	0,3362	0,3362
Terra	0,6724	0,6129
Marte	1,3448	1,1366
Pianeta mancante . .	2,6896	
Giove	5,3792	4,8157
Saturno	10,7584	9,1517
Urano	21,5168	18,7953

Esaminando questi numeri, si scorge che sebbene le successive distanze non corrispondano precisamente ai termini di una serie numerica di cui ciascuno sia doppio di quello che lo precede, tuttavia si avvicinano molto a formare una serie così fatta e ad ogni modo vi è manifesta una lacuna tra Marte e Giove.

V.

Verso la fine del secolo scorso, il professore Bode di Berlino, riagitò la quistione della mancanza d'un pianeta e diede la progressione numerica che ne indicava l'assenza nella forma in cui ora l'abbiamo esposta: sotto gli auspicii del celebre barone Zach di Gotha, si costituì una società di astronomi, per organizzare ed effettuare una serie di osservazioni allo scopo principalmente di rintracciare il supposto membro, non ancora scoperto, del sistema solare. I risultati notevolissimi che tennero dietro a questa misura, le cui conseguenze non furono ancora completamente sviluppate, saranno manifesti tra poco.

VI.

Nel primo giorno di questo secolo, il professore Piazzi osservando il bel cielo sereno di Palermo, notò una piccola stella, di circa la settima o l'ottava grandezza, non ancora registrata nei cataloghi. Avendola osservata ancora il due di Gennajo, la trovò sensibilmente cambiata di posizione rispetto alle altre stelle. Sembrandogli che quel corpo fosse avvolto di una nebulosità, lo prese sulle prime per una cometa, e come tale lo notificò al mondo scientifico. Però, essendone poi calcolata l'orbita dal professore Gauss di Göttinga, se ne trovò

il periodo di 1652 giorni, e la distanza media del sole espressa da 2,735, presa per unità la distanza fra il sole e la terra.

Paragonando questa distanza con quelle date nella tavola precedente, dove si riteneva assente un pianeta, si vedrà che l'altro, ora scoperto, ne coprirebbe il posto, con mirabile precisione aritmetica.

Piazzi diede il nome di Cerere a queto membro novello del sistema solare.

VII.

Poco dopo la scoperta di Cerere, il pianeta entrando in congiunzione, cessò d' essere visibile. Nel cercarlo, allorchè doveva emergere dai raggi solari nel marzo 1802, il dottor Olbers segnalò una piccola stella nella costellazione della Vergine, in una posizione che egli aveva esaminata due mesi prima, e dove egli sapeva che *allora* non era apparente alcuna simile stella. Essa gli apparve come una stella della settima grandezza, che è la minima che si possa vedere senza telescopio. Nel giro di poche ore la trovò visibilmente mutata di posizione rispetto alle stelle circostanti. Insomma si verificò che era un altro pianeta, che offriva una sorprendente analogia con Cerere, e, ciò che prima era affatto senza esempio nel sistema, che si moveva in un'orbita assai prossimamente alla stessa distanza media dal sole e avente, perciò, quasi lo stesso periodo.

Il dottor Olberts diede il nome di *Pallade* a questo pianeta,

VIII.

Questa circostanza, aggiunta alla straordinaria piccolezza dei due pianeti, suggerì ad Olbers l'ipotesi sorprendente e per allora, come doveva sembrare, d'una stravagante improbabilità; che cioè una volta esistesse alla distanza indicata dall' analogia di Bode un solo pianeta di grandezza ordinaria, che si fosse spezzato in piccoli frammenti o per una esplosione interna prodotta da qualche causa analoga all'azione vulcanica, o da una collisione contro qualche cometa, che Cerere e Pallade fossero due dei suoi frammenti, e infine, che era assai verosimile, che molti altri frammenti ancora più piccoli compiessero le loro rivoluzioni in simili orbite, che molti di questi potrebbero compensare le fatiche di futuri osservatori che avessero diretta la loro attenzione su quella regione di firmamento.

A sostegno di questa curiosa congettura, era necessario nel caso della catastrofe implicata nella supposizione, che i frammenti, se-

condo le leggi fisiche stabilite continuassero a rivolgersi in orbite, le cui medie distanze non differissero di molto da quella del pianeta originario, che le obliquità di queste orbite l'una coll'altra e con quella del pianeta primitivo potessero variare entro limiti assai estesi che le eccentricità potessero pure essere di straordinaria ampiezza, e infine che quei corpi si potessero ritenere di grandezza così indefinitamente piccola da non presentare analogia o paragone non solo cogli altri pianeti primarii ma neanche col più piccolo fra i secondarii.

Cerere e Pallade erano entrambi tanto piccoli da sfuggire a qualunque tentativo di misurarne il diametro tanto reale che apparente. Essi apparivano come punti stellari, senza disco apprezzabile, e circondati d'una tenue nebulosità che avrebbe reso oltremodo incerta qualunque misura di oggetti tanto minuti.

Sir W. Herschel stimava che il diametro di Pallade non eccedesse le 75 miglia. Altri ritengono che la sua misura possa arrivare a qualche centinajo di miglio. Cerere è ancora più piccolo.

L'obliquità dell'orbita di Cerere al piano dell'ecclittica supera 10° ½ e quella di Pallade è più di 34° ½. Entrambi i pianeti dunque, quando sono nei punti più lontani dall'ecclittica passano molto al di fuori dai limiti dello zodiaco, e differiscono fra loro nell'obliquità di una quantità superiore di molto a tutta l'inclinazione di qualunque degli antichi pianeti.

Il dottor Olberts osservò pure che in un punto prossimo al nodo discendente di Pallade, le orbite dei due pianeti coincidono quasi fra di loro.

Così era chiaro che tutte le circostanze che rendevano eccezionali questi corpi, e per le quali differivano dagli altri membri del sistema solare, confacevano pienamente all'ipotesi avanzata dal dottor Olbers sulla loro origine.

IX.

Passò un anno e mezzo prima che si facessero altre scoperte in favore di questa ipotesi. Frattanto, gli osservatori non rallentarono lo zelo e le fatiche, e il 1.° settembre 1804, alle dieci pomeridiane, il professore Harding di Lilienthal, scoperse un altro piccolo pianeta, l'esame del quale provò in breve che soddisfaceva in tutte le circostanze essenziali all'ipotesi di Olbers, perchè aveva una distanza media assai prossimamente eguale a quella di Cerere e di Pallade, un'obliquità eccezionale di 13°, ed una notevole eccentricità. Questo pianeta fu chiamato *Giunone*.

Giunone si presentava come una stella di ottava grandezza e di un colore rossiccio. Fu scoperto con un telescopio comunissimo dell' ampiezza focale di 30 pollici e di 2 pollici d' apertura.

X.

Il 29 maggio 1807, il dottor Olbers scoprì un altro pianeta, in circostanze affatto simili a quelle già esposte nel caso delle scoperte precedenti. A questo pianeta, che per la sua piccolezza e per i caratteri della sua orbita, era analogo a Cerere, Pallade e Giunone, fu dato il nome di *Vesta*.

Vesta è il più brillante e, apparentemente, il più grande in tutto questo gruppo di pianeti: e quando si trovi in opposizione, può essere talvolta riconosciuto senza telescopio da una vista buona ed esercitata. Gli osservatori sono discordi quando all' impressione da loro ricevuta del colore di questo pianeta. Harding ed altri osservatori tedeschi lo ritengono rossiccio: altri pretendono che sia d'una perfetta bianchezza. M.r Hind dice che avendolo esaminato ripetutamente con varii ingrandimenti ne ricevette sempre l' impressione di una pallida sfumatura gialliccia nella sua luce.

XI.

I lavori degli osservatori del principio del secolo essendo stati continuati ancora per qualche anno senza altri risultati, vennero sospesi; ed è probabile che senza le mirabili carte degli astri pubblicate in appresso non si sarebbe scoperto nessun altro membro di questo notevole gruppo di pianeti. Ma queste carte, contenendo tutte le stelle fino alla nona ed alla decima grandezza, comprese entro una zona del firmamento della larghezza di 30°, cioè 15° da ciascuna parte dell'equatore celeste, divennero uno strumento di ricerche così importante e così ovvio, che si riprese la quistione con una prospettiva migliore di risultati favorevoli. Basta che l' osservatore, colla mappa alle mani, esamini, grado per grado, la zona entro cui si sa che si muovono quei corpi, e paragoni astro per astro, il cielo colla mappa. Osservata una stella non segnata nella mappa, la si sorveglia di ora in ora e di notte in notte. Se non cambia di posizione, si deve inferirne che venne ommessa nella costruzione della mappa, e la si segna su di essa al posto conveniente. Se cambia di posizione, si deve conchiuderne che è un pianeta e dalle variazioni osservate nella posizione e ne calcola subito l' orbita.

In questa maniera il sig. Hencke, osservatore dilettante di Driesen in Prussia, scoprì, l'8 dicembre 1845, un altro piccolo pianeta che denominò *Astrea.*

Questa scoperta fu il segnale di un impulso straordinario. In pochi anni si fondarono parecchi osservatorii privati e al corpo regolare degli astronomi di professione se ne aggiunse un altro molto rispettabile, intelligente e ricco di dilettanti e di astronomi volontarii. Ne risultò che in pochi anni venne scoperto un numero inaspettato di pianeti occupanti press'a poco la stessa posizione nel sistema: di cui tre furono scoperti nel 1847, uno nel 1848, uno nel 1849, tre nel 1850, due nel 1851, otto nel 1852, quattro nel 1853, sei nel 1854 ed uno al 6 aprile 1855: sommando in tutto trentaquattro pianeti scoperti fino alla data di questo scritto (1 maggio 1855).

XII.

Gli elementi di questi pianeti vennero pubblicati in alcune tavole nell'*Annuaire du Bureau des Longitudes* di Parigi per l'anno 1855, dal sig. Leverrier e dai suoi aggiunti. Più recentemente però, venne pubblicata una tavola più completa per opera di Mr Bishop, il cui osservatorio nel *Regent's Park* fu segnalato dalla scoperta di undici fra questi trentaquattro corpi. Desiderando dare quanto maggiore pubblicità sia fattibile a questa copia di interessanti dati astronomici, rimanderò il lettore alla tavola di Mr Bishop, da cui ho estratta quella aggiunta in fine del presente articolo.

Per facilitare le loro ricerche, Mr Bishop ed i suoi aggiunti cominciarono nell'inverno 1846-47 a prepararsi una serie di carte contenenti tutte le stelle fino a quelle di ottava grandezza, comprese in 3° della ecclittica. « Finora (scriveva Mr Bishop nel marzo 1855) sono compiute, incise e pubblicate quattordici mappe che potranno ajutare gli altri osservatori nella scoperta di nuovi pianeti, e si spera di presentare al pubblico le altre fra non molto tempo. » Fu nel costruire queste carte, colla scorta di quelle di Berlino, che nell'osservatorio di Mr Bishop, Mr Hind scoperse dieci pianeti e più tardi Mr Marth scoperse l'undicesimo.

Mr Bishop fa osservare che, intanto che si costruirono queste carte, vennero veduti parecchi altri pianeti, ma che si perdettero ancora di vista o a motivo della lunga durata del tempo sfavorevole, o perchè non si era potuto osservare l'oggetto ad un'epoca abbastanza anteriore alla sua entrata nella mappa.

Si fecero grandissimo onore, e varii astronomi tanto dilettanti

come di professione per l'ardore e la perseveranza con cui intrapresero la costruzione di queste carte stellari zodiacali. Mr Cooper di Sligo, e il suo aggiunto Mr Graham sono notoriamente occupati in ciò. Essi hanno già pubblicati tre volumi contenenti le posizioni approssimate di più di 45000 stelle. Il professore De-Gasparis di Napoli e Mr Chacornac di Parigi, sono impegnati in somigliante lavoro. A maggiore schiarimento della tavola in fine di questo articolo, Mr Bishop aggiunge le seguenti osservazioni:

La *quarta* colonna contiene le grandezze calcolate o il grado di chiarezza di ciascun pianeta all'epoca della sua scoperta. Ne risulta che i quattro più brillanti fra loro sono Vesta (che spesso è visibile senza telescopio), Pallade, Iride e Flora.

La *quinta* colonna dà la longitudine media a mezzogiorno, col tempo di Greenwich, del 1 gennajo 1855, ritenuto per l'equinozio di quell'anno.

Nella *sesta* si trova la longitudine del perielio o del punto più vicino al sole di ciascun pianeta, supposto che questo sia veduto dal sole.

La *settima* colonna contiene la posizione del nodo ascendente, ossia del punto della ecclittica dove il pianeta, supposto veduto dal sole, passa dalla latitudine sud alla latitudine nord.

L'*ottava* indica l'inclinazione di ciascun' orbita all'ecclittica, o l'angolo fra i piani dei cammini percorsi dalla terra e dal pianeta. Si osserverà che Pallade, Eufrosina e Focea hanno le massime inclinazioni, mentre la minima sono a quelle di Massilia e Temi; o che in altre parole, si muovono più dappresso all'ecclittica.

La *nona* colonna porge la grandezza della eccentricità ossia del grado in cui la linea dell'orbita devia dal cerchio. Questa varia da 0,075, che è il caso di Anfitrite, a 0,346 che è quello di Polinnia.

La *decima* presenta il medio movimento sidereo giornaliero, e lo spazio che ogni pianeta percorrerebbe in un giorno, se descrivesse una circonferenza intorno al sole colla propria velocità media. I numeri di questa colonna moltiplicati per i periodi espressi in giorni, daranno quindi tutta la circonferenza o 360°.

L'*undecima* somministra le medie distanze dal sole, o i semiassi maggiori delle orbite, assunta per unità la distanza media fra la terra ed il sole, e calcolate fino a due cifre decimali. La minima distanza, secondo la tavola, è quella di Flora e la massima è quella di Eufrosina; quantunque la data recente della scoperta di questo pianeta e in conseguenza la durata comparativamente breve dell'osservazione ci lasci alquanto in dubbio se veramente la sua media distanza ecceda quella di Igea o di Temi.

La *dodicesima* offre le lunghezze delle rivoluzioni sideree espresse in giorni. I periodi variano da 1193 giorni, che è quello di Flora, a 2048 giorni che è il periodo di Eufrosina: la differenza risulta di 855 giorni ossia di 2 anni e $\frac{1}{3}$.

A questa tavola io ho aggiunto il quarantesimo quarto e quarantesimo quinto pianeta scoperti da Mr Chacormah e Mr Luther dopo che venne stampata la tavola di Mr Bishop. Però, gli elementi di quest'ultimo non furono ancora determinati.

XIII.

Nella straordinaria piccolezza, nella media distanza dal sole, e nelle variabilissime obliquità ed eccentricità delle orbite, tutti questi pianeti somigliano ai primi quattro scoperti al principio di questo secolo, e perciò convengono pienamente alle condizioni contenute nella curiosa ipotesi suesposta di Olbers.

Il pianeta scoperto dal sig. Gasparis, il 17 marzo 1852, fu osservato da quest' astronomo nell' Osservatorio di Napoli il 17, il 19 e il 20 marzo. Apparve come una stella della decima o della undecima grandezza. Le osservazioni vennero pubblicate nei *Comptes Rendus* dell' accademia delle scienze di Parigi, tomo XXXIV pag. 532. Il pianeta scoperto da Mr Luther fu osservato da questo astronomo a Bilk presso a Dusseldorf, il 17 aprile, e di nuovo dal sig. Argelander, il 22 aprile, a Bonn. Le osservazioni furono pubblicate nei *Comptes Rendus* dell'accademia di Parigi, tomo XXXIV pag. 647.

XIV.

Il Dr Olbers esercitava la medicina, i signori Hencke, Luther Goldschmidt erano osservatori dilettanti. Mr Hind era occupato nell' osservatorio privato di Mr Bishop nel *Regent's Park* e Mr Graham in quello di Mr Cooper a Markree, nella contea di Sligo, in Irlanda.

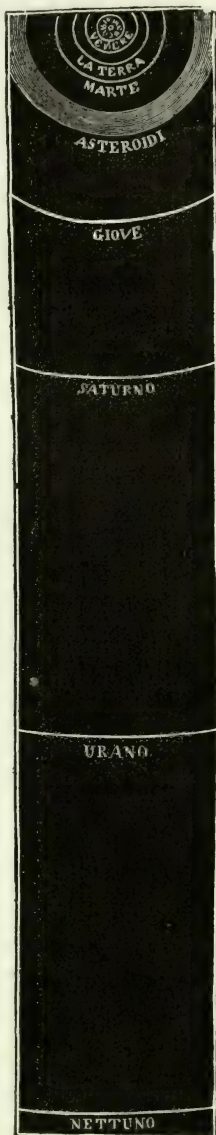



Fig. 1.

Si vede dunque, che di questi ventitrè membri del sistema solare il mondo scentifico non ne deve meno di quattordici agli astronomi dilettanti ed agli osservatorii eretti e mantenuti da privati individui, affatto indipendenti da qualunque stabilimento nazionale o pubblico e che non ricevevano alcun sussidio dallo Stato. M[r] Hind si acquistò l'onorevole distinzione di avere scoperto dieci di questi corpi. Cinque sono dovuti al sig. Gasparis, aggiunto astronomo del reale Osservatorio di Napoli.

Il sig. Ermano Goldschmidt è un pittore storico, nativo di Francoforte sul Meno, abitante da più di diciott' anni a Parigi. Egli scoperse il suo pianeta con un piccolo telescopio comune dal balcone del suo appartamento, N. 12, Rue de Seine, nel Sobborgo di S. Germano.

XV.

Esaminando la tavola, si vedrà che questi trentatrè pianeti si muovono entro una regione del sistema solare compresa fra 2 volte e $\frac{2}{10}$ e 3 volte $\frac{2}{10}$ la media distanza della terra. Essi sono troppo piccoli per poterne apprezzare con precisione e certezza le grandezza con qualunque dei metodi di misura finora scoperti, e si può inferire con grande probabilità, che il loro diametro, in generale, non sorpassa le 100 miglia cioè l'ottantesima parte di quello della terra. Ritenuto, quindi, che questa ne sia la media dimensione e ricordando che i volumi delle sfera sono proporzionati ai cubi dei rispettivi diametri, ne segue, che per formare un globo della grandezza della terra sarebbe necessario di agglomerare in un solo 512,000 di tali pianeti.

XVI.

Non passerà inosservato, quanto grande probabilità questa estrema minutezza di volume, combinata colla circostanza di essere tutti press'a poco alla stessa distanza del sole, accresca all' ipotesi del dottor Olbers.

Per mostrare le posizioni relative di questo gruppo di pianeti e quelle dei membri maggiori del sistema, abbiamo rappresentato nella figura 1, nelle proprie proporzioni, le successive distanze fra i pianeti ed il sole; e il posto di questi nuovi pianeti vi è indicato nella zona di circoli paralleli descritti in molta prossimità.

Questi corpi, distinti dagli altri pianeti del sistema per tante circostanze singolari vennero da alcuni astronomi denominati Asteroidi;

però riteniamo, per ovvie ragioni, che sarebbe stato preferibile il nome di Planetoidi.

Nome del Pianeta	Data della Scoperta	Scopritore	Grandezza	Longitud. media, 1855, 1 Genn. a Mezzogior.	Longitudine del Perielio	Longitudine del nodo ascendente	Inclinazione dell' orbita all' Ecclitica	Eccentricita'	Medio movimento sidereo giornaliero	Distanza media dal sole (presa per unita' quella della terra)	Rivoluzione siderea espressa in giorni
				°	°	°	°		′ ″		
Cerere . .	18 01. Genn.	Piazzi	8	340	150	81	11	0.08	12 51	2.77	1680
Pallade . .	» 02. Marzo	Olbers	7	319	122	173	35	0.24	12 49	2.77	1686
Giunone . .	» 04. Sett.	Harding	8	210	54	171	13	0.26	13 34	2.67	1592
Vesta ⚶. . .	» 07. Marzo	Olbers	7	250	251	103	7	0 09	16 17	2.36	1326
Astrea . . .	» 45. Dic.	Hencke	9	157	136	142	5	0.19	14 18	2.58	1511
Ebe	» 47. Lug.	Hencke	9	283	15	139	15	0.20	15 39	2.43	1380
Iride . . .	» 47. Agos.	Hind	9	336	41	260	5	0.23	16 3	2.39	1346
Flora . . .	» 47. Ottob	Hind	9	121	33	110	6	0.16	18 6	2.20	1193
Metide . .	» 48. April.	Graham	10	147	72	69	6	0.12	16 2	2.39	1347
Igea	» 49. April.	Gasparis	9	207	228	288	4	0.10	10 35	3.15	2041
Partenope .	» 50. Magg.	Gasparis	9	317	317	125	5	0.10	15 24	2.45	1402
Vittoria . .	» 50. Sett.	Hind	8	51	302	236	8	0.22	16 35	2.33	1300
Egeria . .	» 50. Nov.	Gasparis	9	46	120	43	17	0 09	14 17	2.58	1512
Irene . . .	{ 51. Magg. » »	Hind Gasparis	9	178	179	87	9	0.17	14 14	2 59	1518
Eunomia .	» 51. Lug.	Gasparis	9	234	28	294	12	0 19	13 46	2.64	1570
Psiche . . .	» 52. Marzo	Gasparis	10	347	13	151	3	0.13	11 50	2.92	1825
Teti . . .	» 52. April.	Luther	10	94	259	125	6	0.13	15 12	2.47	1421
Melpomene	» 52. Giug.	Hind	9	199	15	150	10	0.22	17 0	2.30	1271
Fortuna .	» 52. Agos.	Hind	9	209	31	211	2	0.16	15 29	2.44	1395
Massiglia .	{ 52. Sett. » Sett.	Gasparis Chacornac	9	237	98	207	1	0.15	15 50	2,41	1364
Lutezia . .	» 52. Nov.	Goldschmidt	9	231	327	81	3	0.16	15 34	2.44	1388
Calliope . .	» 52. Nov.	Hind	9	222	59	67	14	0.10	11 53	2.91	1817
Talia . .	» 52. Dic.	Hind	10	258	123	68	10	0.24	13 54	2.63	1554
Temi . . .	» 53. April.	Gasparis	12	279	135	36	1	0.12	10 36	3.14	2037
Focea . . .	» 53. April.	Chacornac	9	51	303	214	22	0,25	15 54	2.40	1359
Proserpina.	» 53. Magg.	Luther	11	357	236	46	4	0.09	13 40	2.66	1581
Euterpe . .	» 53. Nov.	Hind	9	175	88	94	2	0.17	16 27	2.35	1311
Bellona . .	» 54. Marzo	Luther	10	224	122	145	9	0.15	12 48	2.78	1689
Anfitrite. .	{ 54. Marzo » Marzo » Marzo	Marth Pogson Chacornac	10	255	57	356	6	0.07	14 29	2.55	1491
Urania . . .	» 54. Lug.	Hind	9	10	31	308	2	0.17	16 0	2.39	1350
Eufrosina .	» 54. Sett.	Ferguson	10	54	94	31	26	0.22	10 33	3.16	2048
Pomona . .	» 54. Ottob.	Goldschmidt	11	55	209	221	6	0.05	14 17	2.58	1512
Polinnia .	» 54. Ottob.	Chacornac	10	22	340	9	2	0 35	12 5	2.88	1787
——	55. April	Chacornac	11	350	188	184	5	0 07	13 41	2.65	1574
Leucotea .	» 55. April.	Luther									

XVII.

A motivo della minutezza delle loro masse, la forza di gravità alla superficie di questi corpi dev' essere assai poco considere-

vole, e ciò rende ragione di una circostanza osservata in alcuni di essi, cioè che le loro atmosfere sono comparativamente assai più estese di quelle dei pianeti maggiori; perchè la stessa massa d'aria, debolmente attratta, deve espandersi in un volume comparativamente enorme. La forza muscolare dev'essere in essi più efficace nella stessa proporzione; così un uomo potrebbe saltare ad altezza verticale di sessanta od ottanta piedi, e ritornare al suolo, senza provare altra scossa che quella che si proverebbe cadendo sulla terra dall'altezza di due o tre piedi. « In questi pianeti (osserva Herschel) potrebbero esistere i giganti e quegli enormi animali che sulla terra richiedono la spinta dell'acqua per equilibrarne il peso. »

IL PIANETA

DI LE VERRIER E ADAMS.

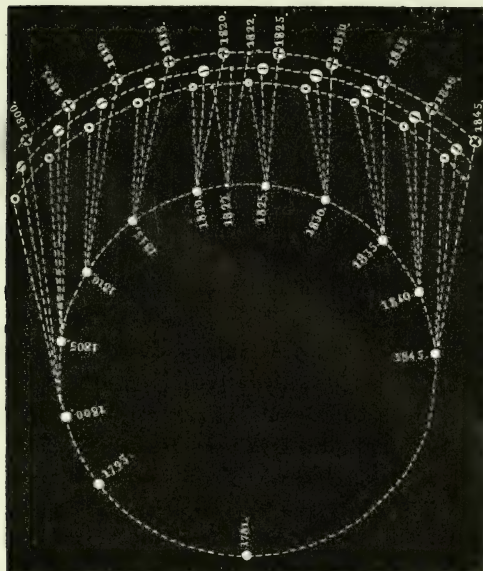



Fig. 4.

I Sorpresa destata dalla scoperta. — II. Come si possa scoprire un astro senza vederlo. — III. Generalizzazione del principio. — IV. Sue applicazioni al caso di Nettuno. — V. Condizioni del sistema solare prima della scoperta. — VI. Perturbazioni osservate in Urano. — VII. Grande regolarità di questi effetti. — VIII. Come potrebbero essere prodotti da un pianeta più distante — IX. Calcoli di Le Verrier e di Adams. — X. Elementi del pianeta cercato, secondo questi geometri. — XI. Sua scoperta effettiva. — XII. Suoi elementi rettificati. — XIII. Spiegazione delle differenze fra gli elementi effettivi e quelli predetti. — XIV. Confronto degli effetti del pianeta reale con quelli predetti. — XV. La scoperta non si può attribuire all' azzardo. — XVI. Calcolo del periodo di Nettuno. — XVII. Calcolo della sua distanza. — XVIII. Sua prodigiosa velocità. — XIX. Illustrata col confronto della velocità d'un treno da ferrovia. — XX. Sua grandezza. — XXI. Suo satellite. — XXII. Suo peso. — XXIII. Suo volume. — XXIV. Luce e calore solare alla sua superficie. — XXV. Diametro apparente del sole veduto da un punto della sua superficie. — XXVI. Suo anello sospettato.

I.

Lo stupore universale eccitato pochi anni sono dalla notizia che alcuni astronomi, i cui nomi fino allora non erano noti che pochissimo al mondo scientifico e nulla affatto al pubblico, avevano scoperto l'esistenza d'un nuovo pianeta, senza nè averlo veduto essi nè che fosse stato prima d'allora veduto da nessun altro, non sarà dimenticato così presto.

II.

Tuttavia, con una leggera riflessione si vedrà che non vi era ragione perchè una tale scoperta avesse a destare tanta sorpresa, come potrebbe sembrare a primo aspetto; non vi può essere ragione di sorpresa che per chi supponga che non si possa riconoscere l'esistenza d'un corpo celeste se non col mezzo immediato della vista: ma vengono certo in mente a chiunque dei casi innumerevoli in cui si può constatare altrimenti che col mezzo della vista non solo l'esistenza di corpi, ma anche i luoghi da essi frequentati. Il cacciatore se ne va, seguito dai suoi cani in traccia della volpe: la presenza dell'animale è riconosciuta dai cani col solo fiutare senza che lo scorgano e probabilmente a molta distanza dal luogo dove si giace: seguendo davvicino l'odore che ha lasciato sul suo passaggio si scopre presto il sito del suo nascondiglio e si fa levare la volpe.

III.

Generalizzando il principio presentato con questo esempio famigliare, è facile vedere che si riduce a questo, che si può constatare l'esistenza di un corpo e determinare il luogo dove lo si ha da trovare, coll'osservare attentamente gli effetti particolari prodotti da questo corpo su quelli soggetti alla sua azione, e col seguire questi effetti, e ciò con altrettanta certezza e precisione come se si vedesse realmente il corpo cercato. È una proprietà particolare della volpe di lasciare un odore che la fa distinguere sul sentiero per dove è passata. Gli organi dei cani da volpe sono costituiti in modo che sono eminentemente suscettibili di venire affetti da questo odore e, quando si sbandino sul terreno in numero sufficiente, questi animali sono educati a cercare, fiutando, la traccia ed a seguirla quando l'abbiano trovata. In questo modo si scopre la volpe non mediante il senso della vista, ma dagli effetti che dessa produce su altri corpi i quali agiscono su di un altro senso.

IV.

Ora supponiamo che si possa dare che un pianeta il quale non sia mai stato veduto da nessun osservatore movendosi nell'universo abbia a produrre certi effetti su altri pianeti veduti ed osservati; che questi effetti possano essere veduti e constatati dagli astronomi e che i detti astronomi dai principii generali della loro scienza possano inferire che i medesimi sieno tali da non poter essere prodotti che da un pianeta il quale ad una data epoca si muova in una direzione determinata; questi effetti proverebbero in tal caso, l'esistenza d'un pianeta, anche se non lo si fosse mai veduto. Essi sarebbero per l'istinto non meno sagace degli astronomi ciò che l'odore della selvaggina è per il cane.

E tali furono realmente i mezzi con cui si fece la scoperta del pianeta, che fu poi denominato Nettuno; scoperta che fu incontestabilmente uno dei più segnalati trionfi riportato dalle scienze matematiche e che segnò un'êra sempre memorabile nella storia delle fisiche investigazioni.

Se i pianeti non andassero soggetti che all'attrazione del sole si muoverebbero in ellissi esatte, delle quali il sole sarebbe un fuoco comune; ma siccome sono soggetti anche alle vicendevoli attrazioni l'uno dell'altro, che, sebbene incomparabilmente più deboli di quella della massa centrale che li governa pure producono effetti sensibili e misurabili, ne conseguono delle deviazioni dall'orbita ellittica le quali diconsi *perturbazioni.* Conoscendosi le masse ed i movimenti relativi dei pianeti, queste deviazioni si ponno assegnare con tanta esattezza che si può determinare col più sorprendente grado di precisione la posizione di qualsivoglia pianeta conosciuto a qualunque epoca passata o futura.

Se, perciò, si avesse a trovare che il movimento osservato di un pianeta non concorda con quello che dovrebbe avere in causa dell'attrazione centrale del sole e delle azioni perturbatrici dei pianeti che lo circondano, si dovrebbe inferirne che soggiace all'azione di qualche altra attrazione perturbatrice dipendente da una causa non ancora scoperta e allora si presenta all'astronomo un problema d'un genere nuovo nella forma e nei dati e avvolto di difficoltà che potrebbero sembrare anche insormontabili. Se la soluzione del problema di determinare le perturbazioni prodotte nell'orbita da un pianeta da un altro pianeta, del quale si conoscano la massa ed il movimento, si riguarda come un trionfo mirabile delle scienze fisico-matematiche,

quanto più formidabile deve sembrare la quistione reciproca di trovare il pianeta, conoscendosi le perturbazioni che produce.

Questo, nondimeno, fu il problema che ebbe per soluzione sorprendente la scoperta di Nettuno.

Quantunque non si possa capire l'esposizione delle effettive operazioni con cui si conseguì questo grande trionfo intellettuale, senza possedere un complesso di cognizioni matematiche assai superiore a quello che si può aspettare in un lettore anche di opere assai meno elementari che non sia questa, pure non sarà affatto inutile il cercare di chiarire il principio su cui fu basata una ricerca seguita da un risultato tanto maraviglioso, ed anche il metodo con cui fu condotta: otterremo così di spogliare il processo di quel carattere di mistero che vi si attacca in generale in vista della gran moltitudine di coloro che lo considerano senza essere in grado di seguire passo a passo la ricerca effettiva e di mostrare almeno lo spirito del raziocinio con cui si giunse alla soluzione del problema.

A questo intento sarà necessario, in primo luogo di spiegare la natura ed il carattere di quelle perturbazioni che fossero osservate e non si potessero attribuire all'attrazione di uno dei pianeti conosciuti; ed in secondo luogo di mostrare in qual modo un pianeta non ancora scoperto che si muova fuori dei limiti conosciuti del sistema solare potrebbe produrre quegli effetti.

V.

All'epoca di questa celebre scoperta, si riteneva che il sistema solare consistesse nei pianeti principali, Mercurio, Venere, la Terra, Marte, Giove, Saturno ed Urano i quali compiono la loro rivoluzione attorno al sole nell'ordine in cui gli abbiamo nominati ed a distanze la cui reciproca proporzione è rappresentata con sufficiente esattezza dalla fig. 1 (1). Fra Marte e Giove fu scoperto un gruppo di astri piccolissimi, detti planetoidi ed asteroidi, occupanti il posto d'un pianeta che si supponeva mancasse nel sistema. Dall'epoca della scoperta in discorso si accrebbe di molto il numero di questi planetoidi scoperti e al giorno in cui scriviamo (1.° febbrajo 1855) non sono meno di 33.

Il lettore gettando l'occhio sul piano del sistema solare quale l'abbiamo rappresentato, non troverà difficoltà a capire le seguenti osservazioni e riflessioni.

(1) Vedi la fig. 1. nel trattatello, *I nuovi pianeti*, a pag. 179 di questo volume.

VI.

Il pianeta Urano, che compie le sue rivoluzioni ai limiti estremi del sistema solare fu quello in cui si osservarono delle perturbazioni che, non potendo dipendere dall'azione di nessuno fra i pianeti conosciuti, sollevarono la quistione della possibile esistenza di un altro pianeta esterno ad esso il quale le potesse produrre.

Dopo la scoperta di quel pianeta fatta nel 1781 da Sir William Herschel, essendosene osservati regolarmente i movimenti, si ottennero i dati con cui si calcolò la sua orbita ellittica e si assegnarono le perturbazioni prodotte su di esso dalle masse di Giove e di Saturno, non producendo effetto sensibile gli altri pianeti del sistema a motivo della loro lontananza e della comparativa piccolezza delle loro masse. Dietro i risultati ottenuti si calcolarono delle tavole, e si composero delle effemeridi in cui furono opportunamente registrate le posizioni nelle quali si sarebbe potuto trovare il pianeta di giorno in giorno d'allora in poi.

Cogli stessi calcoli per mezzo dei quali un astronomo sa predire le posizioni future del pianeta, egli è evidente che avrebbe potuto anche determinare quelle che saranno state occupate da questo in epoche precedenti. Esaminando così retrospettivamente il corso apparente del pianeta nel firmamento e paragonandone le posizioni calcolate in epoche particolari con quelle di alcune stelle che erano state osservate e che in seguito erano scomparse, si riconobbe che in fatti parecchie di quelle stelle non erano che Urano di cui non si era conosciuto il carattere nè all'aspetto di pianeta in causa dell'imperfezione dei telescopi allora adoperati, nè al suo movimento apparente in causa del non essere state abbastanza continuate nè sufficienti di numero le osservazioni.

A questo modo si constatò che Urano era stato osservato e che ne era stata indicata la posizione come di una stella fissa, sei volte da Flamstead: cioè una nel 1690, una nel 1712 e quattro nel 1715; una volta da Bradley nel 1753, una da Mayer nel 1756 e dodici volte da Lemonnier fra il 1750 ed il 1771.

Ora, sebbene le posizioni osservate di questi corpi unitamente al loro successivo scomparire non lasciassero il menomo dubbio quanto alla loro identità col pianeta, pure i luoghi osservati deviavano sensibilmente da quelli che il pianeta avrebbe dovuto occupare secondo i calcoli basati sui suoi movimenti dopo che fu scoperto nel 1781. Se si fosse verificato che queste deviazioni fossero state irregolari e

non governate da nessuna legge, si sarebbe potuto ascriverle ad errori di osservazione. Se invece si fosse trovato che seguissero un andamento regolare di aumento e di diminuzione in direzioni determinate si sarebbe dovuto accagionarne l'azione di qualche causa perturbatrice non ancora scoperta, la quale nelle epoche delle vecchie osservazioni differisse da quella manifestata in epoche più recenti.

Ma le antiche osservazioni erano troppo scarse di numero e troppo discontinue per dimostrare in modo soddisfacente l'irregolarità o la regolarità della deviazione. Tuttavia la circostanza sollevò molti dubbii e molte inquietitudini nell'animo di Bouvard da cui erano state composte le tavole di Urano basate sulle osservazioni moderne, ed egli dichiarò che lasciava ai suoi successori di decidere la questione se quelle deviazioni dipendessero da errori di osservazione o da un *agente perturbatore non ancora scoperto.* Quanto prima, potremo apprezzare la sagacità di una tale riserva.

VII.

Si continuò ad osservare assiduamente i movimenti del pianeta e si trovarono in accordo colle tavole, per circa quattordici anni dalla data della scoperta del pianeta. Verso l'anno 1795 cominciò a manifestarsi una leggera diversità fra il luogo osservato e quello indicato dalla tavola, essendo quello alquanto avanzato rispetto a questo, tale cioè che la longitudine L osservata del pianeta era maggiore della sua longitudine L' registrata nella tavola. D'allora in poi, crebbe d'anno in anno lo spostamento del luogo osservato in confronto di quello indicato dalla tavola, cioè andò continuamente crescendo l'eccesso L — L' della longitudine osservata sulla tavolare. Questo accrescersi di L — L' durò fino al 1822, dopo di che la differenza restò stazionaria e poi prese a decrescere. La diminuzione continuò fino circa al 1830-31, in cui disparve la differenza L — L', e tornarono a corrispondere le longitudini tavolari alle osservate. Però questa coincidenza non si mantenne a lungo. In breve il pianeta cominciò a restare indietro del suo luogo registrato, cosicchè la sua longitudine osservata L, che prima del 1831 era maggiore della longitudine tavolare L' ora ne divenne minore; e la distanza L' — L del luogo osservato all'indietro di quello segnato nella tavola, crebbe d'anno in anno e va crescendo tuttora.

Si scorge quindi che nelle deviazioni del pianeta dalle sue posizioni calcolate non vi era nulla di irregolare e nulla che si potesse conciliare colla supposizione d'una causa dipendente da errori for-

tuiti di osservazione. Al contrario, la deviazione cresce gradatamente in una certa direzione fino ad un certo punto; e raggiunto un limite massimo, comincia a diminuire e diminuisce tuttora.

Pertanto il fenomeno si deve attribuire all'azione regolare di qualche causa perturbatrice non ancora scoperta.

VIII.

Non è difficile di dimostrare che delle deviazioni dalle posizioni calcolate, quali le abbiamo descritte, sarebbero prodotte da un pianeta che si movesse in un' orbita nello stesso piano o quasi nello stesso piano di quella di Urano e che fosse in congiunzione eliocentrica con questo pianeta nell'istante in cui l'avanzamento di questo in confronto al suo luogo calcolato toccasse il massimo valore.

Rappresenti ABCDEF, fig. 2, l'arco dell'orbita di Urano descritto dal pianeta mentre si manifestano le perturbazioni. Rappresenti NN' l'orbita del supposto pianeta non iscoperto nello stesso piano di quella di Urano. Sieno a, b, c, d, e, f i luoghi occupati da questo pianeta quando Urano si trova nei punti A,B,C,D,E,F. Si suppone pertanto che Urano quando è in D sia in congiunzione eliocentrica col supposto pianeta che sarà allora in d.

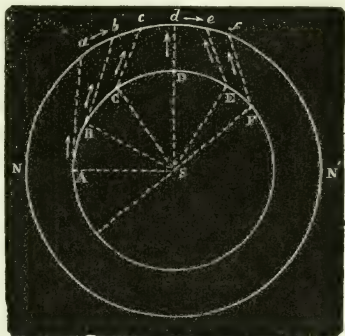



Fig. 2.

Le direzioni del movimento orbitale dei due pianeti sono indicate dalle freccie laterali alle loro trajettorie, e le direzioni dalle forze perturbatrici (1) esercitate dal supposto pianeta sopra Urano sono indicate dalle freccie laterali alle rette che uniscono questo pianeta con Urano.

Ora, è evidentissimo, che l'attrazione che il supposto pianeta in a esercita su di Urano in A tende ad accelerare quest' ultimo. Similmente le forze esercitate dal supposto pianeta in b, c sopra Urano in B e C tendono ad accelerarne il corso. Ma nell' avvicinarsi di Urano al punto D la direzione della forza perturbatrice diventando

(1) Per semplicità di spiegazione, si è in questa ommesso l'effetto dell'attrazione di Urano sul sole. Nel mio *Manuale di Astronomia* è spiegato, nel capitolo sulle Perturbazioni, il metodo di determinare la direzione esatta della forza perturbatrice.
Nota dell'Autore.

sempre meno inclinata a quella del movimento nell'orbita ha un'influenza acceleratrice sempre più debole, e quando Urano arrivi in D la forza perturbatrice riceve la direzione D*d* perpendicolare al movimento nelle orbite e cessa ogni influenza acceleratrice.

Oltrepassato D, la forza perturbatrice torna ad essere inclinata *contrariamente* al movimento, e invece di accelerarlo lo ritarda; e quando Urano occupa successivamente le posizioni E, F, ecc , diventa sempre più inclinata e va crescendo sempre più la sua influenza ritardatrice; come apparirà manifesto a chi osservi le direzioni della forza ritardatrice e del movimento nell'orbita indicate dalle freccie.

Si scorge adunque che, da A in D, la forza perturbatrice accelerando il movimento nell' orbita trasferirà Urano in una posizione avanzata rispetto a quella che avrebbe occupata altrimenti; e che oltrepassato D, la forza perturbatrice ritardando il movimento del pianeta renderà continuamente più piccolo questo avanzamento, finchè il pianeta si troverà in quel luogo che avrebbe occupato se non avesse agito alcuna forza perturbatrice; dopo di che, continuando la ritardazione il pianeta si troverà indietro del luogo dove sarebbe stato se non avesse influito su di esso una forza perturbatrice.

Ora è evidente che sono precisamente di questa specie le forze perturbatrici operanti sopra di Urano; e se ne può quindi conchiudere che le deviazioni del pianeta dalle sue posizioni calcolate sono le indicazioni fisiche della presenza di un altro pianeta esterno ad esso e moventesi in un'orbita, il cui piano coincida con quello della sua orbita o vi sia inclinato di un angolo piccolissimo e di cui la massa e la distanza sieno tali di dare alla sua attrazione il grado d'intensità necessario a produrre l'alternativa accelerazione e ritardazione che venne osservata.

Siccome, peraltro, l'intensità della forza perturbatrice dipende insieme dalle quantità della massa perturbatrice e dalla sua distanza, si scorge facilmente che una stessa perturbazione potrebbe essere cagionata da masse differenti, purchè le loro distanze differiscano di tanto da compensare la diversità dei pesi o della quantità di materia. Una massa doppia d'un'altra ad una distanza quadrupla eserciterebbe precisamente la stessa attrazione. Perciò la quistione, sotto questo punto di vista, appartiene alla classe dei problemi indeterminati e ammette un numero infinito di soluzioni. In altre parole si può assegnare un'illimitata varietà di pianeti differenti, esteriori al sistema, capaci di produrre perturbazioni nel movimento di Urano tanto strettamente affini alle osservate da non poterle distinguere da queste se non mediante osservazioni più estese e più perfezionate di

tutte quelle a cui si è potuto sottoporre il pianeta dall'epoca della sua scoperta.

IX.

L'idea di assumere le deviazioni dei luoghi osservati di Urano da quelli calcolati, come dati per isciogliere il problema di determinare la posizione e il movimento del pianeta che le potrebbe produrre, venne concepita quasi contemporaneamente da due astronomi, nè l'uno nè l'altro dei quali avea raggiunto l'età ed una posizione scientifica tale che se ne potesse aspettare il compimento della più mirabile scoperta dei nostri tempi.

M^r Le Verrier a Parigi e M^r J. C. Adams, membro e professore assistente del Collegio di S. Giovanni, a Cambridge, intrapresero questa ricerca, ciascuno all'insaputa di ciò che l'altro faceva, e credendo che l'esito non dipendesse che dal proprio ardito, e, per quanto allora dovea sembrare, disperato tentativo. Ciò nonostante entrambi non solo risolsero il problema ma lo fecero così completamente da riempire il mondo di stupore e di ammirazione; e questi sentimenti non furono divisi da altri meglio che da coloro che per la propria dottrina si trovavano più a portata di apprezzare la difficoltà della questione.

La quistione, come abbiamo osservato, appartiene alla classe dei problemi indeterminati. Si può assegnare un numero infinito di pianeti che potrebbero produrre ugualmente le perturbazioni osservate. Perciò, la soluzione potrebbe essere giusta teoricamente ma infelice in pratica. Affine di spogliare, per quanto si potesse la quistione di questo carattere, si ammisero delle condizioni la cui verità si poteva ritenere dotata del più alto grado di probabilità. Per esempio, fu ammesso che l'orbita del pianeta perturbatore fosse nello stesso piano o quasi nello stesso piano di quello di Urano e perciò in quello dell'ecclittica; che il suo movimento in quest'orbita avesse la stessa direzione di quella di tutti gli altri pianeti del sistema, cioè, fosse secondo l'ordine dei segni; che quest'orbita fosse un'ellisse di pochissima eccentricità; e da ultimo che la sua distanza media dal sole fosse, conformemente alla progressione generale di queste distanze indicata da Bode, circa il doppio della distanza media di Urano. Quest'ultima condizione, unitamente alla legge d'armonia, dava all'osservatore il vantaggio di conoscere il periodo e perciò il mediò movimento eliocentrico.

Ammesse queste condizioni, come dati ausiliarii, fu ridotto il pro-

blema a tale da potersi determinare, almeno con una prima approssimazione, quale dovrebbe essere la massa del pianeta e la sua posizione nell' orbita ad un' epoca data per produrre l' osservata accelerazione e ritardazione alternative di Urano.

La determinazione del luogo eliocentrico (1) del pianeta ad una data epoca sarebbe stata facilitata in pratica se si fosse conosciuto esattamente l' istante in cui aveva toccato il massimo valore la differenza L—L' della posizione osservata del pianeta su quella indicata dalla tavola; ma, sgraziatamente, non lo si poteva assegnare colla precisione necessaria. Quando una quantità variabile raggiunge un valore massimo, e, dopo essersi ingrandita comincia a impiccolire, rimane stazionaria per un corto intervallo di tempo; e si trova sempre difficile e soggetto spesso a molta incertezza il precisare l' istante in cui cessò l' aumentarsi e cominciò la diminuzione. Perciò, sebbene si potesse assegnare circa il 1822 la posizione eliocentrica del pianeta, non si poteva determinarla colla precisione che si voleva.

Assumendo pertanto più approssimatamente, che si potesse, la longitudine di Urano nel momento della sua congiunzione eliocentrica (2) col pianeta perturbatore, da questa, combinata col movimento medio del pianeta cercato, dedotto dal suo periodo, si avrebbe avuta una approssimazione grossolana della sua posizione a qualunque epoca data.

X.

Ma delle approssimazioni grossolane, non era ciò che cercavano i signori Le Verrier e Adams. Essi miravano a più esatti risultamenti, e dopo investigazioni che esigevano tutte le risorse ed esaurirono i mezzi potenti dell' analisi matematica, questi eminenti geometri arrivarono ad assegnare i seguenti elementi del pianeta non ancora scoperto:

(1) Cioè il luogo dove apparirebbe il pianeta ad un osservatore che fosse nel centro del sistema, dov' è il sole.

Nota dell'Autore.

(2) Due astri si dicono in congiunzione eliocentrica, quando si trovano in tale posizione che un osservatore che li guardasse dal sole, lo avesse a vedere nella medesima direzione.

Nota dell'Autore.

	LE VERRIER.	ADAMS.
Epoca degli elementi.	1. Gennajo 1847.	1. Gennajo 1846.
Longitudine media a quest' epoca.	318° 47',4	323° 2'
Distanza media del pianeta dal sole.	36,1539	37,2474
Eccentricità dell' orbita.	0,107610	0,120615
Longitudine del perielio.	284° 45',8	299° 11'
Massa del pianeta (presa per unità quella del sole).	0,00010727	0,00015003

XI.

Il 23 settembre 1846 il Dott. Galle, uno degli astronomi dell'Osservatorio Reale di Berlino, ricevette una lettera da Mr Le Verrier in cui questi gli annunciava i principali risultati dei suoi calcoli, l'informava che la longitudine del pianeta cercato doveva essere allora di 326° e l' impegnava ad osservare per rintracciarlo. In relazione a ciò, il Dott. Galle, assistito dal professore Encké, intraprese le osservazioni e lo scoprì quella stessa notte. Esso gli apparve come una stella d' ottava grandezza, avente una longitudine di 326° 52' e quindi non distante che di 52' dal luogo indicatogli da Mr Le Verrier. I calcoli di Mr Adams, ridotti alla stessa epoca, ne assegnavano la posizione a 329° 19', lontana di 2° 27' da quella dove lo si trovò realmente.

Fig. 3.

Per chiarire l'approssimazione relativa di queste predizioni rimarchevoli alla reale posizione osservata, rappresentiamo nella fig. 3 l' arco d'eclittica compreso fra le longitudini 323° e 330°. La posizione assegnata da Mr Le Verrier al pianeta cercato è indicata dal piccolo cerchio in L, quella assegnata da Mr Adams dal piccolo circolo in A, e quella dove venne realmente scoperto dal punto in N. La distanza fra L ed A si può stimare facilmente col mezzo del cerchio descritto attorno al punto N e che rappresenta il disco apparente della luna.

La distanza del luogo osservato del pianeta da quello predetto da Mr Le Verrier era meno di due diametri del disco lunare, e l' analoga distanza da quello predetto da Mr Adams minore di cinque diametri del medesimo disco.

XII.

Per ottenere gli elementi suesposti, Mr Adams fondò i suoi calcoli sulle osservazioni di Urano fatte nel 1840, mentre i calcoli di Mr Le Verrier sono fondati sopra osservazioni continuate fino al 1845. Tenendo conto in seguito dei cinque anni che finirono col 1845, Mr Adams conchiuse che la distanza media del pianeta cercato dovesse ritenersi più esattamente di 33,33.

Dopo la scoperta del pianeta, le osservazioni fatte su di esso con sufficiente continuità provarono che i suoi elementi più esatti sono i seguenti:

	OSSERVATORIO DI GREENWICH.
Epoca degli elementi.	1. Gennajo 1847 a mezzogiorno.
Longitudine media a quest'epoca.	328° 32′ 44″,2.
Distanza media dal sole. . .	30,0367.
Eccentricità dell'orbita. . . .	0,00871946.
Longitudine del perielio. . .	47° 12′ 6″,50.
Longitudine del nodo ascendente.	130° 4′ 20″,81.
Obliquità dell'orbita.	1° 46′ 58′,97.
Tempo periodico.	anni 164,6181.
Medio movimento annuo. . .	2°,18688.

XIII.

Ora, a chiunque rivolga l'attenzione su questo argomento interessante non saranno sfuggite le considerevoli discrepanze che esistono non solo fra gli elementi indicati nelle due soluzioni proposte del problema, ma anche fra i veri elementi del pianeta scoperto e ciascuna di queste soluzioni. Non mancarono coloro che in vista di queste discordanze non esitarono a dichiarare frutto del caso la scoperta del pianeta, e non come si pretendeva, di raziocinii matematici, giacchè infatti il pianeta scoperto non era identico con nessuno dei due pianeti predetti.

Però il dedurre da tali premesse una siffatta conseguenza manifestava un concetto affatto erroneo della natura e delle condizioni del problema. Se il problema fosse stato determinato, cioè se non avesse

ammesso che una soluzione unica, allora si sarebbe dovuto conchiudere o che si era commesso nei calcoli qualche errore il quale fosse causa della discordanza fra gli elementi osservati ed i calcolati, o che il pianeta scoperto non era quello che si cercava e che era la causa fisica delle perturbazioni osservate in Urano. Ma il problema, come si è già detto, essendo più o meno indeterminato, ammette più di una soluzione anzi un numero indefinito di soluzioni differenti cosicchè si potrebbero assegnare altrettanti pianeti differenti egualmente capaci di produrre le perturbazioni osservate; e così essendo la cosa, la discordanza fra le due serie di elementi prodotti e fra ciascuna di esse ed i varii elementi erano come si sarebbero potuto prevedere, e come furono realmente nulla più che inevitabili, eccetto in un caso che aveva milioni di probabilità contro una.

In quanto dipendeva dal raziocinio la predizione era verificata, in quanto dipendeva dal caso si trovava in difetto. Vennero assegnati due pianeti entrambi compresi nei limiti che soddisfanno alle condizioni del problema. Ma differivano entrambi dal vero pianeta in particolari non influenti sulle condizioni del problema; tutti e tre si trovavano circoscritti entro quei limiti e soggetti a quelle condizioni per cui potevano produrre le deviazioni o perturbazioni osservate nei movimenti di Urano, e che formavano il soggetto immediato del problema.

XIV.

Sarà bene di chiarire meglio questo oggetto col mostrare in immediata giustaposizione i movimenti dei pianeti ipotetici dei signori Le Verrier e Adams e del pianeta realmente scoperto così che n'abbia a risultare manifestamente che ciascuno dei tre, nelle supposte circostanze, avrebbe potuto produrre le perturbazioni osservate. Abbiamo quindi cercato di far questo nella fig. 4 dove sono segnate le orbite di Urano, di Nettuno e dei pianeti indicati dai signori Le Verrier e Adams nonchè le posizioni dei pianeti rispettivamente in ciascuna di esse ad ogni cinque anni dal 1800 al 1845 inclusivamente. Il disegno naturalmente non è fatto con esattezza: ma lo è quanto basta alla presente spiegazione. Le posizioni di Urano vi sono indicate da ○ quelle di Nettuno da ⊙ quelle del pianeta di Le Verrier da ⊖ e quelle del pianeta di Adams da ⊕.

Si osserverà che le distanze dei due pianeti indicati dai sigg. Le Verrier e Adams, come sono segnati nella figura, differiscono meno dalla distanza del pianeta Nettuno, di quello che le loro distanze

medie, esposte negli elementi, differiscono dalla distanza media di Nettuno. Questo si spiega colle eccentricità delle orbite, che, negli elementi dati da entrambi gli astronomi, sono considerevoli, essendo nell'una di quasi di un ottavo e di un nono nell'altra, e colle posizioni dei pianeti supposti nelle orbite rispettive.

Se le masse dei tre pianeti fossero eguali, è chiaro che l'attrazione che il pianeta di Mr La Verrier eserciterebbe sopra di Urano, sarebbe minore di quella del vero pianeta, e che quella del pianeta di Mr Adams ne sarebbe ancora più piccola, essendone ciascuna di essa minore in quel rapporto in cui il quadrato della propria distanza da Urano è maggiore del quadrato dell'analoga distanza di Nettuno. Ma se i pianeti sono tali che ciò che va perduto in forza dalla distanza sia compensato da una massa più grande, l'effetto sarà il medesimo, e il pianeta supposto eserciterà la stessa forza perturbatrice del vero pianeta, in quanto è riferibile agli effetti della variazione nella distanza. È vero che le distanze dei pianeti nelle successive posizioni simultanee non conservano sempre la medesima proporzione fra loro per tutta la lunghezza degli archi delle orbite a cui si estendono le osservazioni, mentre le masse devono mantenere di necessità questa proporzione fra di loro: e che le masse relative che in una posizione produrrebbero una esatta compensazione non lo farebbero in altre. Però, questa causa di discordanza, nelle effettive condizioni del problema, non può influire che in un grado affatto inconsiderevole se non anche insensibile.

Ma un'altra causa di diversità nell'azione perturbatrice del pianeta reale e dei supposti potrebbe dipendere dal fatto che le direzioni delle forze perturbatrici dei tre pianeti sono differenti, come si scorgerà osservando la figura dove si è indicato il grado della divergenza di queste forze a ciascuna posizione dei pianeti; ma si vedrà pure che questa divergenza è così poco considerabile che gli effetti ne devono risultare al tutto insensibili in tutte le posizioni in cui Urano può essere fortemente influenzato. Per esempio, dal 1800 al 1815 la divergenza è piccolissima. Cresce dal 1815 al 1835; ma è appunto qui, circa l'epoca della congiunzione eliocentrica, la quale ebbe luogo nel 1822, che i tre pianeti cessano di esercitare un' influenza diretta nell'accelerare il movimento di Urano. Quando quest'ultimo pianeta oltrepassa questo punto abbastanza per essere ritardato sensibilmente dall'azione perturbatrice, come avvenne appunto dopo il 1835, la divergenza torna a rendersi trascurabile.

Da queste considerazioni si capirà quindi, che le perturbazioni del movimento di Urano, in quanto erano state determinate dall' osser-

vazione, potevano essere prodotte senza differenza sensibile, tanto dal vero pianeta scoperto quanto da ciascuno di quelli indicati dai signori Le Verrier ed Adams, quanto anche da altri in numero indefinito, che si sarebbero potuti assegnare o interiormente all'orbita di Nettuno, o fra questa e quella del pianeta di Adams o in fine al di là di questa entro certi limiti assegnabili.

XV.

Che i pianeti assegnati dai signori Le Verrier e Adams non sieno identici con quello alla cui scoperta gli osservatori pratici furono guidati dalle loro ricerche, è vero; ma non è men vero che se quei pianeti od uno di essi fossero stati identici con quest'ultimo, una coincidenza così eccessiva sarebbe stata meramente accidentale e per nulla affatto il risultato della sagacità matematica. Tutto quello che poteva fare la sagacità umana coi dati offerti dall'osservazione, si era fatto. Fra un numero indefinito di pianeti *possibili* capaci di produrre l'azione perturbatrice, ne vennero assegnati due, ciascuno dei quali, sotto tutti gli aspetti della questione, era in così prossima coincidenza col vero pianeta da guidare inevitabilmente ed immediatamente alla sua scoperta.

XVI.

Considerando unicamente l'enorme distanza di questo pianeta dalla terra, si potrebbe credere avvolto di molta difficoltà il problema di determinare la velocità del suo movimento e il tempo che impiega a compiere una rivoluzione attorno al sole; non vi può essere invece nulla di più facile e di più semplice. Osservando con precisione il luogo del pianeta ad una data notte: per esempio, in quella del 1.° gennajo 1853, e nuovamente al 1.° gennajo 1854, lo si troverebbe spostato di 2·187°; conchiudiamo, dunque, che tale è la velocità del suo moto annuo, e si verificherebbe questa illazione ripetendo l'osservazione al 1.° gennajo 1855, e in una parola, alla stessa notte per ogni anno avvenire.

Trovato dunque che Nettuno si muove attorno al sole colla velocità di 2·187° all'anno si domanda: in quanto tempo compirà una rivoluzione completa, ossia 360°, intorno al sole: questo, come si vede, è un quesito semplicissimo della regola del tre che qualunque scolaretto sa sciogliere in questo modo:

$$2.87^{\circ} : 360^{\circ} :: 1 \text{ anno} : \frac{360}{2{\cdot}187} = 164{\cdot}6 \text{ anni.}$$

Risulta dunque che il pianeta farà una rivoluzione completa intorno al sole in circa 164 anni e 7 mesi e sebbene non sieno scorsi che pochi anni dall' epoca della sua scoperta siamo tanto certi che questa è la durata della sua rivoluzione, quanto lo saranno i posteri che saranno testimonii del compimento del suo periodo nell'anno 2011 dell' era cristiana.

XVII.

Vi è una rimarchevole legge astronomica scoperta come un fatto da Kepler, e dimostrata da Newton come conseguenza necessaria del principio della gravitazione universale, che si chiama la legge armonica: secondo questa celebre legge le distanze successive fra i pianeti ed il sole tengono certe relazioni stabilite coi tempi delle loro rivoluzioni, chamati brevemente tempi periodici, per mezzo delle quali si ponno calcolare facilmente le loro distanze quando si sappiano i tempi periodici. La famosa legge si enuncia così:

I quadrati dei numeri che esprimono i tempi periodici di due pianeti quali si vogliano, stanno fra loro come i cubi dei numeri che ne esprimono le distanze dal sole.

Con questa regola, il problema di determinare la distanza di Nettuno dal sole si riduce ad una semplice regola del tre.

Il tempo periodico della terra, che è di un anno, è espresso da 1, e quello di Nettuno, come si è già veduto, da 164·6: i quadrati di questi numeri sono 1 e 27093. Per trovare il cubo della distanza di Nettuno si stabilirà dunque la seguente proporzione:

1 : 27093 : : 1 : 27093.

Questo numero 27093 è perciò il cubo della distanza di Nettuno dal sole presa per unità la distanza fra la terra ed il sole. Per trovare quindi la distanza di Nettuno basterà trovare il numero che ha per cubo 27093, e colla solita regola di aritmetica si trova che questo numero è 30,034.

In numeri tondi si può dunque dire che Nettuno è lontano dal sole 30 volte più della terra. Ma, in numeri tondi, la distanza della terra dal sole è 100 milioni di miglia; ne segue che, in numeri tondi, la distanza di Nettuno dal sole è di circa 3000 milioni di miglia. Coi calcoli degli astronomi si può ottenere una molto maggiore precisione numerica, ma nel caso dei nostri numerosi lettori varrà meglio attaccarsi a questi numeri tondi.

XVIII.

Per offrire qualche idea della prodigiosa celerità con cui si muove nell'orbita questo pianeta, abbiamo rappresentato nella fig. 5 l'orbita della terra E E' E'' E''', essendo di 100 milioni la distanza fra E ed il sole S; secondo la medesima scala S N rappresenterà la distanza di Nettuno dal sole.

Sebbene in questa maniera sia facile di dare un'idea abbastanza esatta delle relative distanze fra i pianeti ed il sole, non è nullameno altrettanto facile di formarsi un concetto adeguato delle loro distanze effettive o, ciò che è lo stesso, delle proporzioni del sistema solare.

Per formarsi delle nozioni giuste, anche nel caso di grandezze infinitamente minori di queste, è necessario di paragonarle e in certo qual modo di misurarle con alcuni tipi di grandezza che ci sono praticamente famigliari. Vediamo dunque se in questa maniera possiamo acquistare una nozione, sebbene imperfetta, delle proporzioni del sistema solare agli estremi confini del quale si muove Nettuno.

XIX.

È oggidì abbastanza famigliare a chiunque il movimento d'un treno da ferrovia che abbia una data velocità, e per es., di 30 miglia all'ora: si sa che in un simile treno che viaggi con quella celerità, si può andare da Londra a Liverpool in 7 ore, comprese in questo tempo anche le fermate; vediamo ora in quanto tempo ci trasporterebbe questo treno dalla terra al sole? La distanza da percorrersi in tal caso è, come si è già detto, di 100 milioni di miglia; dividendo questo numero per 30 si avrà il numero di ore che si richiederebbe a quel viaggio e questo numero di ore risulta quindi di 3,333,333. Dividendolo per 24 e per 365 $^1/_4$ si avrà il numero dei giorni e degli anni da impiegarsi nel viaggio: il risultato di questo calcolo in numeri tondi è che ci vorrebbero 380 anni per andare dalla terra al sole.

E'''
S
E''
E
E'
N

Fig. 5.

Ma Nettuno essendo, come abbiamo visto, 30 volte più lontano dal sole che la terra, si richiederebbe un tempo 30 volte maggiore per andare da esso al sole: arriviamo perciò alla conclusione sorprendente, che un treno da ferrovia viaggiando senza fermate impiegherebbe 11,400 anni nell'andare dal sole a Nettuno cioè agli ultimi confini del sistema solare.

La circonferenza d' un cerchio del diametro di 6000 è 18,849; ora il diametro dell'orbita di Nettuno essendo 6000 milioni di miglia, la sua circonferenza sarà 18,849 milioni di miglia, e siccome il pianeta la percorre in anni 164·6 la sua velocità è di 114,500,000 miglia all'anno o di 313,500 miglia al giorno, o di 13,000 miglia all' ora.

Tale è la scala colossale in cui succedono i movimenti del sistema solare.

XX.

Si domanderà senza dubbio, se la grandezza di questo corpo sia in proporzione di tale prodigiosa distanza e della sua rapidità? o se pure a quell' immensa distanza di 3000 milioni di miglia vi sia modo di stimarne la grandezza? Per quanto difficile possa sembrare questo problema è nondimeno fra i più facili e più semplici che si presentino all' astronomo.

Quando si dirige verso un pianeta un potente telescopio astronomico, l'oggetto, che ad occhio nudo non appare che come un punto stellare di luce, si vede con un disco circolare simile a quello della luna, ma in generale assai minore di esso. L'angolo visuale del disco lunare è di 1800"; e l' angolo visuale del disco di Nettuno si trova di soli 2"·8 e quindi 643 volte minore di quello del primo; ora la distanza di Nettuno è 30 volte maggiore di quella del sole e questa è 400 volte quella della luna. Quindi la distanza di Nettuno è 12,000 volte quella della luna, dal che consegue che se la luna si allontanasse fino alla distanza di Nettuno il suo angolo visuale si farebbe 12,000 volte più piccolo; ma da quanto abbiamo detto risulta che l'angolo visuale di Nettuno non è che 643 volte minore di quello della luna: ne consegue che il diametro reale di Nettuno deve essere maggiore di quello della luna nel rapporto di 12,000 a 643, ossia di 19 ad 1 assai prossimamente; sapendo ora che il diametro della luna è di poco maggiore di 2000 miglia, ne consegue che quello di Nettuno sarà di circa 38,000 miglia.

Questo è un metodo grossolano di calcolare che abbiamo seguíto

per rendere famigliare la quistione a coloro che non sono avvezzi ai metodi più esatti dei calcoli astronomici.

Si scorgerà tuttavia quanto poco differisca dal vero il nostro risultato, dicendo che dietro le osservazioni ed i calcoli più esatti degli astronomi il diametro reale di Nettuno è di 37,500 miglia.

XXI.

Un satellite di questo pianeta venne scoperto da M^r Lassell nell'ottobre 1846, e poi osservato da altri astronomi tanto in Europa che agli Stati-Uniti. Le prime osservazioni fatte di poi destarono qualche sospetto della presenza di un altro satellite come pure d' un anello simile a quello di Saturno. Malgrado i numerosi osservatori ed i potenti strumenti che vennero diretti sul pianeta dall' epoca di queste osservazioni, non si è scoperto nulla che tendesse ad avvalorare questi sospetti.

Però l' esistenza del satellite veduto per la prima volta da M^r Lassell non solo fu pienamente accertata ma ne furono assegnati il movimento e gli elementi dell' orbita, dapprima colle osservazioni di M. O. Struve nel settembre e dicembre 1847, e da ultimo e più completamente da quelle di M. Augusto Struve nel 1848-49.

Da queste osservazioni risulta che la distanza del satellite dal pianeta alla sua massima lontananza sottende un angolo di 18″, e poichè il diametro del pianeta sottende un angolo di 2″·8 alla medesima distanza ne consegue che la distanza del satellite dal centro del pianeta eguaglia tredici semi-diametri di questo.

Il medio movimento diurno angolare del satellite intorno al centro del pianeta è, secondo le osservazioni di Struve, di 61°·2625, e quindi il periodo del satellite è $\frac{360}{61\cdot2625} = 5\cdot8763$ giorni, ossia di 5 giorni, 21 ore, 1 minuto e $^8/_{10}$, risultato che non soggiace ad un errore maggiore di 5 minuti.

Ritenuto il semi-diametro del pianeta di 18,750 miglia, l'effettiva distanza del satellite è di $18{,}750 \times 12 = 225{,}000$ miglia, e perciò alquanto minore della distanza della luna dal centro della terra.

XXII.

Se ci reca sorpresa che si misurino con tanta esattezza e facilità le dimensioni di un globo a quella enorme distanza che Nettuno ha dalla terra, non desterà minor stupore l' affermare che la massa di

materie contenuta in quel globo si può pesare ed è stata pesata e pesata con altrettanta se non anche maggior precisione di quella raggiunta da un chimico nelle operazioni eseguite sulle piccole masse che maneggia.

Ma quale mai, si domanderà molto naturalmente, hanno ad essere la forma e la struttura della bilancia con cui eseguire così mirabile operazione?

Vediamo se ci riesca di spiegarlo.

Se ad una estremità d' una cordicella sia attaccata una massa di materia, e l'altro capo sia attaccato ad un punto fisso e la massa giri velocemente in modo di descrivere un cerchio col centro nel punto fisso, la cordicella, come tutti sanno, sarà tesa con una certa forza e tanto maggiore quanto più crescerà la velocità di rotazione del corpo. Ora la luna gira appunto intorno alla terra con un movimento rotatorio e se fosse congiunta da una corda col centro della terra, la corda sarebbe stirata con una forza dipendente dalla velocità del movimento della luna; ora siccome non esiste questa corda deve esservi qualche cosa che eserciti sulla luna la medesima azione, e questo qualche cosa è l' attrazione della terra.

Si dimostra teoricamente e si verifica sperimentalmente che la forza con cui sarebbe tesa la funicella, che unisce il corpo rotante col centro, cresce, a parità delle altre circostanze, in proporzione al quadrato della velocità del corpo. Se, quindi, la velocità con cui la luna ruota attorno alla terra fosse doppia di quella che è, la forza con cui reagirebbe contro l'attrazione terrestre dovrebbe essere quadrupla, ma poichè questa è invariabile, la luna in tal caso escirebbe dalla sua orbita portandosi ad una maggiore distanza dalla terra. Se invece la luna avesse a muoversi con metà della sua velocità presente, la forza che tenderebbe la fune sarebbe quattro volte minore di quello che è, ed essendo perciò minore dell' attrazione terrestre la luna cadrebbe verso la terra fino ad una distanza assai minore.

Ora siccome la luna non si porta mai a distanze nè più grandi nè più piccole ne consegue che l'attrazione della terra su di essa è nè più nè meno eguale alla forza che tenderebbe una fune che congiungesse la luna col centro della terra.

Da quanto si è esposto, si è visto che Nettuno come la terra possiede una luna, e oltre a ciò che questa luna gira intorno a Nettuno ad una distanza un po' minore di quella a cui la nostra luna gira intorno alla terra. Per semplificare la quistione riteniamo per un momento che le distanze sieno eguali. Se allora la luna di Net-

tuno avesse la stessa velocità della nostra, una corda che la congiungesse con Nettuno sarebbe tesa con pari forza di quella che collegasse la nostra luna alla terra; e siccome l'attrazione dei due pianeti sulle lune rispettive, è rappresentata dalla tensione di questa corda, ne conseguirebbe in tal caso che i due pianeti eserciterebbero attrazioni eguali sulle lune che loro girano attorno ad eguali distanze. Ma poichè queste attrazioni dipendono esclusivamente dalle quantità di materie dei due pianeti, o, ciò che torna lo stesso, dai loro pesi, ne conseguirebbe in tal caso che il peso di Nettuno sarebbe eguale a quello della terra.

Ma la luna di Nettuno invece di compiere le sue rivoluzioni in egual tempo della nostra, vi impiega, come abbiamo detto, 5,8763 giorni. Ora si è già enunciato che la forza con cui il corpo ruotante tende la funicella, cresce, a parità delle altre circostanze, proporzionalmente al quadrato della velocità e siccome la nostra luna impiega giorni 27,322 a compiere la sua rivoluzione, mentre quella di Nettuno la compie in giorni 5,876, la velocità della seconda supera quella della prima nella proporzione di 5876 a 27322 e in conseguenza le forze con cui reagiscono alle attrazioni dei pianeti, che le mantengono nelle orbite rispettive, devono essere proporzionali ai quadrati di questi numeri. Ora, formando i quadrati di questi numeri si trovano assai prossimamente nella proporzione di 21 2/3 ad 1. Ne conseguirebbe, perciò, che Nettuno pesa 21 volte e 2/3 più della terra.

Non si deve però dimenticare che in questi calcoli abbiamo ritenuto la distanza fra Nettuno e il suo satellite eguale a quella fra la luna e la terra; ma in realtà la distanza del satellite di Nettuno è minore di quella della luna nella ragione di 225 a 238 e perciò il valore della massa di Nettuno, ora calcolato dietro l'ipotesi dell'esatta eguaglianza delle distanze, si deve ridurre secondo la medesima ragione, con che risulta la massa di Nettuno eguale a venti volte quella della terra.

Come nel caso di prima, questo è un metodo di calcolo assai grossolano che abbiamo adottato per rendere famigliare un problema che nei suoi più esatti dettagli riescirebbe difficile da capire a chiunque fuorchè agli astronomi di professione. Coi metodi più esatti si trova che Nettuno pesa circa 19 volte più della terra.

XXIII.

I volumi delle sfere sono proporzionali ai cubi dei rispettivi diametri, quindi siccome il diametro di Nettuno è di 37500 miglia e

quello della terra di circa 7900 miglia ne segue che il volume di Nettuno è circa 107 volte quello della terra, o che bisognerebbe riunire in un solo 107 globi eguali al nostro per farne un pianeta eguale a Nettuno.

XXIV.

Siccome la chiarezza della luce solare e la temperatura prodotta dal suo calore decresce in quella ragione in cui decresce la grandezza superficiale del suo disco, e siccome il diametro di questo decresce in quella ragione secondo cui aumenta la distanza di un osservatore dal sole, ne risulta che l'estensione superficiale del disco solare e perciò la chiarezza della luce diurna e il calore dei raggi solari saranno minori per Nettuno di quello che sono per la terra in quella proporzione in cui il quadrato della distanza di Nettuno dal sole è maggiore del quadrato dell'analoga distanza della terra: e poichè la prima è trenta volte la seconda, la chiarezza della luce ed il caldo del sole saranno per Nettuno 900 volte minori che per la terra.

XXV.

Il diametro apparente del sole, veduto da Nettuno, essendo 30 volte più piccolo dello stesso veduto dalla terra è $\frac{1800}{30}'' = 60''$. Il sole dunque vi appare della stessa grandezza di Venere vista come stella vespertina o mattutina. Le relative grandezze apparenti sono indicate nella figura 6 in E ed N.

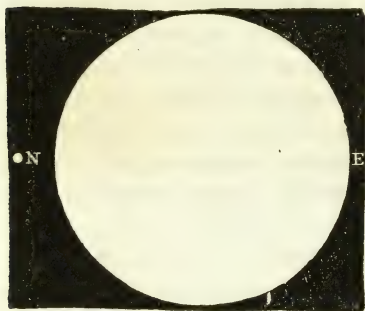



Fig. 6.

Andrebbe però grandemente errato chi ne inferisse che la luce del sole su Nettuno si approssimi in qualche grado alla debolezza di quella di Venere sulla terra. Se Venere, quando il pianeta appare come stella del mattino e della sera, col diametro apparente di 60'' avesse il disco pieno (invece di averlo dimezzato o pressochè tale, come quello della luna nelle quadrature) e se la reale intensità della luce alla sua superficie fosse eguale a quella alla superficie del sole, la luce del pianeta sarebbe esattamente eguale a quella del sole per Nettuno. Ma l'intensità della luce che cade sopra Venere è minore

dell'intensità della luce alla superficie del sole nel rapporto del quadrato della distanza di Venere a quello del semidiametro del sole, supposto che la luce si propagasse secondo la stessa legge come se emanasse dal centro del sole, cioè come il quadrato di 37 milioni sta al quadrato di circa mezzo milione, o come 37^2: 1/4 cioè come 5476: 1. Se dunque la superficie di Venere riflettesse, ciò che non avviene, tutta la luce incidente, la sua luce apparente alla terra (considerando che non si vede che poco più di metà della sua superficie rischiarata) sarebbe circa 11000 volte minore della luce solare per Nettuno.

Per quanto dunque sia piccola la grandezza apparente del sole per Nettuno, l'intensità della luce diurna vi è probabilmente non minore di quella che sarebbe prodotta da circa 20000 stelle che splendessero assieme nel firmamento e di cui ciascuna fosse eguale in isplendore a Venere quando il pianeta è più brillante.

In aggiunta a queste considerazioni, non si deve dimenticare che tutti questi calcoli della efficacia comparativa dei poteri rischiarante e calorifico del sole, sono basati sull'ipotesi che la sua luce vi sia ricevuta in simili condizioni fisiche; e che molte modificazioni immaginabili nello stato fisico del corpo o del mezzo su cui o in cui cade la luce, e nella struttura degli organi visuali che affetta, può rendere della luce di debolissima intensità altrettanto efficace di quello che sarebbe in altre condizioni una luce più forte.

XXVI.

I signori Lassell e Challis immaginarono una volta che fossero percettibili sul disco di Nettuno delle indicazioni di qualche appendice a foggia d'anello vista di fianco. Queste congetture non vennero finora confermate. Quando la declinazione del pianeta sarà cresciuta al punto di presentare l'anello, se è vero che sia attaccata al pianeta questa appendice, sotto un angolo meno obliquo coi raggi visuali, si deciderà probabilmente la quistione.

LE COMETE

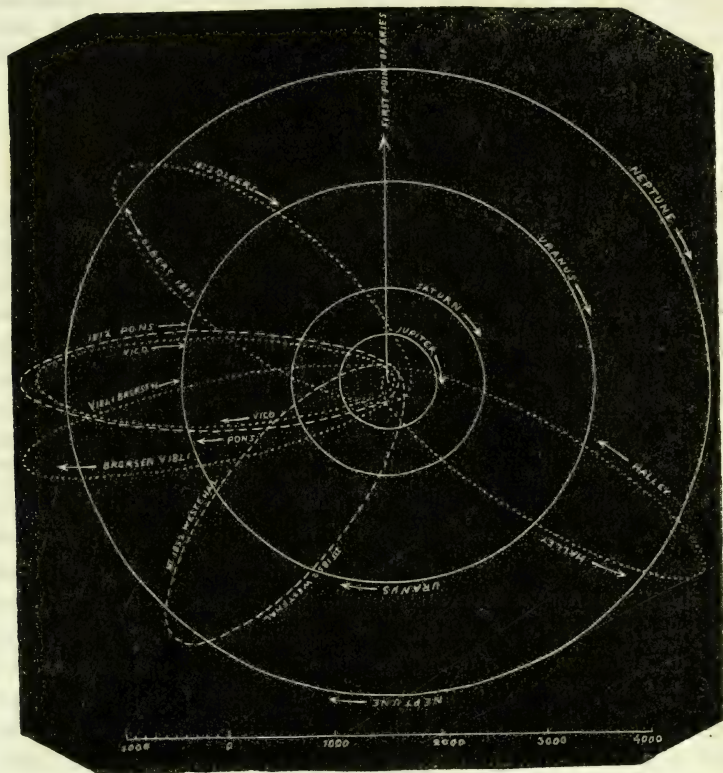



Fig 5.

Capitolo Primo.

1.º *Orbite cometarie:* — I. Prescienza dell'astronomo. — II Illustrata in modo sorprendente dalla scoperta delle comete. — III. Il movimento delle comete si spiega colla gravitazione. — IV. Condizioni imposte alle orbite dei corpi soggetti alla gravitazione. — V. Orbite elittiche. — VI. Orbite paraboliche. — VII. Orbite iperboliche. — VIII. I pianeti nel loro movimento osservano delle regolarità che non esige la legge di gravitazione. — IX. Nei movimenti delle comete non si osservano queste regolarità. — X. Esse muovonsi in sezioni coniche aventi un fuoco nel sole. — XI. Difficoltà di determinare la specie di sezione conica secondo cui si muove una cometa. — XII. Le comete iperboliche e paraboliche non sono periodiche. — XIII. Le co-

1.° — *Orbite cometarie.*

I.

Per lo storico civile e politico non esiste che il passato, di rado conosce il presente, mai il futuro. Allo storico della scienza, invece, è permesso di penetrare con altrettanta chiarezza e sicurezza le profondità del passato e quelle del futuro; i fatti avvenire sono per lui come presenti e non di rado più certi dei fatti che sono passati. Sebbene questa lucida percezione delle cause e delle conseguenze caratterizzi tutto il dominio della scienza fisica, e conferisca all'osservatore della natura delle facoltà negate allo studioso di politica e di morale, pure la prescienza è un privilegio che appartiene eminentemente all'astronomo. La natura sollevando il velo del futuro, gli spiega dinanzi la successione dei suoi decreti, in quanto affettano l'universo materiale, per innumerevoli anni avvenire; e le rivelazioni di cui essa lo rende l'istrumento, sono appoggiate e confermate da una serie non interrotta di predizioni adempiute. Egli ci mostra le cose che saranno dappoi non ombreggiate oscuramente in figure e parabole, come deve avvenire necessariamente di altre rivelazioni, ma dettagliate colla massima precisione di tempo, di luogo e di circostanze. Egli converte le ore che trascorrono in un miracolo sempre presente, in attestazione di quelle leggi che il suo Creatore per suo mezzo ha spiegate; il sole non sorge, la luna non scema, una stella non scintilla nel firmamento senza rendere testimonianza alla verità delle sue profezie registrate. Piacque al Signore e Reggitore del creato, nella sua inscrutabile sapienza, di render vane le nostre ricerche sulla natura e la causa prossima di quella mirabile facoltà d'intelletto, ch'è l'immagine della Sua essenza che Egli ci ha improntato; così la sorgente e il meccanismo della vitalità animale e vegetale sono celati alla nostra vista da un velo impenetrabile e l'orgoglio della filosofia è umiliato dallo spettacolo del fisio-

logo inteso con ardore infruttuoso all' anatomia dell' umano cervello, ed a spiare con ricerche egualmente improduttive i moti d'un animaletto. Ma quanto a dovizia l' oscurità che avvolge le indagini metafisiche è compensata dai fiumi di luce sparsi sul creato fisico: *quivi* è armonia, e ordine e maestà e bellezza. Dal caos dei fenomeni sociali e politici registrati negli annali dell' umanità, fenomeni non collegati da alcuna legge scopribile alla nostra vista imperfetta, (una guerra di passioni e di pregiudizii non governata da scopo apparente, non diretta ad un fine apparente, e tale da portare la diffidenza in qualunque ordine intelligibile), quanto non ci troviamo soddisfatti anzi sublimati volgendoci allo splendido spettacolo offerto alla contemplazione abituale dell' astronomo! Come quegli oggetti sono favorevoli allo sviluppo dei migliori e dei più elevati sentimenti dell' anima! La sola passione che inspirano è l' amore della verità, e il piacere capitale di coloro che ad essi si dedicano deriva dalle escursioni sulla scena imponente dell' universo, scena di tale grandezza e magnificenza, in confronto di cui tutto ciò che siamo avvezzi a chiamare sublime sul nostro pianeta si riduce ad un ridicolo nonnulla. Assai giustamente si disse che la natura ci piantò in seno un desiderio ardente di scoprire la verità e certo questo istinto glorioso non si desta mai più irresistibilmente di quando le nostre ricerche si rivolgono a quanto accade nei cieli. « *Quoniam eadem Natura cupiditatem ingenuit hominibus veri inveniendi, quod facillime apparet, cum vacui curis, etiam quid in cœlo fiat, scire avemus; his initiis inducti omnia vera diligimus, id est fidelia, simplicia, costantia; tum vana, falsa, fallentia odimus* (1). »

II.

Queste riflessioni sono destate da qualunque ramo dell' astronomia, ma da niun altro così fortemente quanto dalla storia della scoperta delle comete. In nessun altro luogo si può trovare esposta una serie così meravigliosa di fenomeni. L' intervallo tra la predizione ed il suo adempimento sorpassò talvolta i limiti della vita umana, e

(1) Perchè la stessa Natura ingenerò negli uomini la brama di trovare la verità, ciò che appare facilissimamente quando, liberi dalle cure, cerchiamo di sapere perfino che cosa accada nei cieli: guidati da questi principii amiamo ogni vero, cioè tutto quanto è fedele, semplice, costante: mentre le cose vane, false e fallaci abbiamo in odio.

CICERONE, *de Fin. Bon. et Mal.*

una generazione legò le sue predizioni ad un' altra che venne riempiuta di stupore e di ammirazione nell'essere testimonio del loro adempimento letterale.

III.

Nel grande edificio della teoria della gravitazione, costrutto da Newton, eravi posto per comprendere e spiegare non solo tutti i fenomeni astronomici raccolti dall'osservazione di tutte le generazioni precedenti, ma anche per quella maggior copia che le ricerche più feconde ed attive delle generazioni successive avrebbero fornito. Con questa teoria si spiegarono tutti i movimenti planetarii conosciuti, si indovinarono dai loro effetti dei pianeti fino allora non visti, se ne assegnò la posizione e si diresse su di loro il telescopio dell'osservatore.

Ma il trionfo di lunga mano più grande di questa celebre teoria fu la spiegazione che ne derivò delle leggi fisiche che governano il moto delle comete in quanto differiscono da quelle del moto dei pianeti.

IV.

Nelle proposizioni dimostrate nel primo libro dei *Principii* di Newton, proposizioni che formano in sostanza il fondamento di tutta la teoria della gravitazione, è provato che un corpo sotto l' influenza d' una forza centrale, l'intensità della quale decresca in quella proporzione in cui aumenta il quadrato della distanza, deve muoversi in una delle curve note ai geometri col nome di *Sezioni coniche*, perchè risultano dall'intersezione d'una superficie conica con un piano, e che il centro d'attrazione deve essere un *Fuoco* della curva; e per provare che quelle curve non sono compatibili con nessun'altra legge di attrazione si dimostra di più che quando si osservi un corpo muoversi in una di queste curve intorno ad un centro d'attrazione, che si trovi nel fuoco della curva, la legge di attrazione dev'essere quella della gravitazione, vale a dire che la sua intensità deve variare in ragione inversa del quadrato della distanza del corpo mosso dal centro della forza.

Quantunque soggetto a questa limitazione un corpo può muoversi attorno al sole in qualunque orbita, a qualunque distanza, in qualunque piano ed in qualunque direzione. Può descrivere un' ellisse di qualunque eccentricità dal cerchio perfetto all'ovale più allungata.

Quest'ellisse può esistere in un piano qualunque da quello dell'eclittica fino ad uno che gli sia perpendicolare, e il corpo può muoversi lungo quest'ellisse tanto nella direzione della terra, come nella contraria. Ovvero il corpo soggetto all' attrazione solare può muoversi in una parabola, col punto del perielio a qualunque distanza dal sole, radendone la superficie o passando esteriormente all'orbita di Nettuno, ovvero, in fine, può girare attorno al sole in un'iperbola, entrando nel sistema ed uscendone in due direzioni divergenti.

A rendere più chiare e più intelligibili queste spiegazioni che sono del maggior interesse e della maggior importanza relativamente all'argomento delle comete, si sono presentate, nella fig. 1, le forme di una ellisse assai eccentrica *aba'b'*, di una parabola, *app'*, e di un' iperbola, *ahh'*, aventi un fuoco comune in *s*, e sarà ben fatto di esporre innanzi tutto le grandezze relative di alcune linee e distanze importanti connesse con queste orbite.

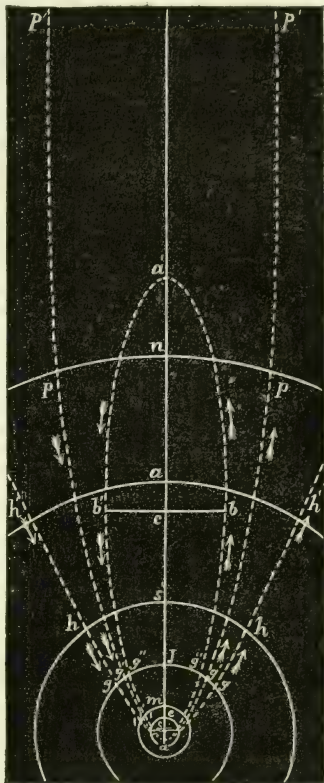



Fig. 1.

V.

L'eccentricità delle ellissi od ovali può variare senza limite; un cerchio si considera come un' ellisse di cui sia nulla l'eccentricità. Le orbite dei pianeti sono generalmente ellissi, ma hanno così poca eccentricità, che descrivendole sulla carta nelle proprie proporzioni anche su di una gran scala, non si potrebbero distinguere da circoli che misurandone accuratamente le dimensioni in diverse direzioni e verificando così che sono più lunghe in una certa direzione che non nell' altra perpendicolare ad essa. Nella fig. 1 è disegnata un' ellisse assai eccentrica ed oblunga, di cui l'asse maggiore è *aa'*. Un fuoco essendo in *s*, la distanza *d* del perielio è *sa*, la distanza *d'*

dell' afelio è *sa'* e la distanza media *a* è *sc* cioè il semiasse maggiore.

La curvatura della ellisse cresce gradatamente dalla media distanza al perielio, e decresce continuamente dal perielio alla media distanza ed è eguale alla distanza angolare del perielio, visto dal sole.

È evidente che se un corpo si muove in un' ellisse molto eccentrica come quella rappresentata nella fig. 1, il cui piano coincida esattamente o quasi esattamente con quello comune delle orbite planetarie, la sua potrà intersecare le orbite di parecchi o di tutti gli altri pianeti, come si vede che fa nella figura, sebbene la sua distanza media dal sole sia minore della distanza media di quelle che interseca. La distanza afelia di un tal corpo può quindi superare di molto quella di qualunque pianeta; mentre la sua distanza media dal sole può essere minore di quella dei più lontani pianeti.

VI.

In *app*, nella figura 1, è presentata la forma di un' orbita parabolica della medesima distanza afelia dell' orbita ellittica. Quest' orbita consiste di due rami indefiniti simili di forma, che si riuniscono al perielio in *a*. A partire a questo punto, la loro curvatura decresce rapidamente ed irregolarmente da una parte e dall'altra dell'asse *aa'* essendo eguale da una parte e dall'altra ad eguali distanze dal perielio. I due rami tendono continuamente ad assumere la direzione e la forma di due rette parallele all' asse *aa'*. Però questi rami non raggiungono mai un vero parallelismo e molto meno la convergenza e perciò non ponno mai riunirsi. Si stendono, insomma, come rette parallele ad una distanza illimitata senza mai incontrarsi, e quando la loro distanza dal fuoco è assai grande in confronto della distanza del perielio assumono direzioni che praticamente non sono distinguibili da due rette parallele.

Le orbite paraboliche differiscono l'una dall'altra nella distanza del perielio. Quanto minore è questa distanza, tanto minore sarà, ad una distanza data da *s*, la separazione fra le direzioni parallele a cui tendono i rami indefiniti *pp'*. Questa distanza può essere di qualunque grandezza. Il corpo al suo perielio può rasentare la superficie del sole o passarvi ad una distanza maggiore di quella dei più remoti pianeti, cosicchè, sebbene soggetto all'attrazione solare, in questo caso non entrerebbe mai nei limiti del sistema solare.

Pertanto un corpo che si muova in una simile orbita non farà una serie di rivoluzioni intorno al sole, come quelli che si muovono se-

condo ellissi: nè il termine di tempo periodico si potrà applicare in alcun modo al suo movimento. Esso entra nel sistema in qualche direzione definita, *p'p*, com'è indicato dalla freccia, da una distanza indefinita. Arrivato nella sfera dell'influenza sensibile della gravitazione solare, gli effetti di questa attrazione si manifestano nella curvatura della sua trajettoria, che cresce gradatamente al diminuire della sua distanza dal sole, finchè giunge al perielio, dove la forza attrattiva e in conseguenza la curvatura toccano il massimo valore. L'estrema velocità che il corpo acquista in questo punto produce, in causa dell'inerzia della massa in movimento, una forza centrifuga che agisce in senso opposto della gravitazione, e il corpo oltrepassato il perielio comincia a scostarsi; la gravitazione solare e la curvatura dell'orbita decrescono insieme finchè esce dal sistema in una direzione *pp'*, segnata dalla freccia, che coincide quasi con una retta parallela a quella per cui vi è entrato. Un corpo che si muova in una di queste orbite non visita dunque che una volta sola il sistema. Vi entra in una certa direzione da una distanza indefinita e passando al perelio ne esce in direzione parallela allontanandosi ad una distanza indefinita per non più ritornare.

VII.

Le orbite iperboliche, come le parabole, consistono di due rami indefiniti che si riuniscono al perielio, che ad eguali distanze dal perielio hanno curvature eguali da una parte e dall'altra e che al crescere della distanza dal perielio si accostano indefinitamente nella direzione e nella forma a linee rette; ma, a differenza delle orbite paraboliche, le rette a cui si avvicinano i due rami sono divergenti e non parallele.

In *ahh'*, fig. 1, è rappresentata una di queste orbite avente la stessa distanza perielia della ellittica e della parabolica.

La parabola vi è compresa fra l'ellisse e l'iperbola.

VIII.

Quando la teoria della gravitazione venne proposta per la prima volta dal suo illustre autore, non si conoscevano altri corpi che si muovessero sotto l'influenza di questa attrazione centrale, oltre i pianeti ed i satelliti fin allora scoperti. Però questi corpi non offrivano esempii dell'applicazione di questa celebre teoria in tutta la sua estensione. Obbedivano, è vero, alle sue leggi, ma facevano

anche molto di più. Spiegavano un grado di armonia e di ordine assai maggiore di quello che potesse esigere la legge di gravitazione. Potendo, secondo questa legge, muoversi in una qualunque delle tre classi di sezioni coniche, le loro trajettorie erano esclusivamente ellittiche; potendo muoversi in ellissi di eccentricità varie all'infinito, si muovevano esclusivamente in ellissi differenti in maniera insensibile da cerchii: potendo muoversi a distanze non soggette a nessuna legge regolare, si muovevano in una serie di orbite a distanze crescenti secondo una progressione regolare; potendo muoversi sotto qualunque obliquità col piano dell'ecclittica, le loro orbite vi erano inclinate di angoli che in generale si limitavano a pochi gradi; potendo infine muoversi in una direzione o nell'altra, tutti si accordavano nel muoversi in quella direzione in cui la terra compie il suo giro annuo.

Un accordo così meraviglioso ed un ordine così ammirabile non potevano essere fortuiti, e non essendo imposti dalle condizioni della legge di gravitazione, o si devono ascrivere all'immediata Volontà dell'Onnipotente Architetto dell'universo, superiore a tutte le leggi generali, o a qualche legge generale sopraggiunta alla gravitazione che sarebbe sfuggita alla sagacità dello scopritore di questo principio. Se si adotta la prima supposizione, si devono poter trovare anche dei corpi, differenti dai pianeti primarii e secondarii nei caratteri fisici, che eseguiscano parti differenti e compiano differenti funzioni nell'economia dell'universo, tali da illustrare gli effetti della gravitazione in tutta loro latitudine, muovendosi intorno al sole in tutte le maniere di orbite, ellittiche, paraboliche ed iperboliche, in tutti i piani, a tutte le distanze e indifferentemente in una direzione o nell'altra. Se si accetta l'altra supposizione, non sono fisicamente possibili altre orbite se non ellissi di poca eccentricità i cui piani coincidano quasi con quello dell'ecclittica.

IX.

Non passò lungo tempo da quando venne promulgata la teoria della gravitazione, ned essa era stata per anco generalmente ricevuta, quando si cercarono nei movimenti delle comete i mezzi di maggiormente verificarla. Fino allora questi corpi erano stati riguardati come eccezionali ed anormali, esenti di qualunque azione della legge e dell'ordine che regnavano in maniera così manifesta sui membri del sistema solare. Si era posta così poca attenzione alle comete che non si sapeva di certo se si avevano a classificare come

fenomeni meteorici o cosmici: se il loro teatro fossero le regioni dell'atmosfera, o i vasti spazii in cui si muovono i grandi corpi dell'universo. Le loro posizioni apparenti nel cielo nelle varie occasioni dell'apparizione delle più cospicue fra loro erano nondimeno state osservate e registrate di tanto in tanto per alcuni secoli con tutta quella precisione che era concessa dallo stato della scienza astronomica di allora; e anche quando le loro posizioni non erano assegnate astronomicamente si erano generalmente conservate nelle memorie storiche le date della loro apparizione e in molti casi vi erano indicate le costellazioni traverso cui erano passate cosicchè si avevano così i mezzi di assegnare almeno con una rozza approssimazione le loro posizioni nel firmamento.

X.

Queste osservazioni sebbene vaghe, sparse ed inesatte, fornirono però dei dati con cui, in parecchi casi, si poterono calcolare il moto reale di questi corpi nello spazio, le loro posizioni relativamente al sole, alla terra ed ai pianeti, e le orbite che seguivano nel muoversi traverso al sistema, con un'approssimazione abbastanza grande per conchiuderne con certezza che erano l'una o l'altra delle sezioni coniche, con un fuoco nel sole.

Ciò bastava a porre questi corpi sotto l'operazione generale della gravitazione. Restavano però a determinarsi più esattamente i caratteri specifici di quelle orbite. Erano ellissi più o meno eccentriche? o parabole? o iperbole? — Poichè, come si è visto, ciascuna di queste tre classi d'orbite è compatibile colla legge di gravitazione.

XI.

Si potrebbe supporre che fosse applicabile anche alle comete lo stesso andamento di osservazioni con cui si traccia l'orbita d'un pianeta. Però questa classe di corpi presentano molte circostanze che rendono impossibili quelle osservazioni e costringono l'astronomo a ricorrere ad altri mezzi per determinarne le orbite.

Uno spettatore situato sulla terra ha presenti alla sua vista ciascuno degli altri pianeti del sistema per quasi tutta la loro rivoluzione. E per verità non v'ha parte dell'orbita di un pianeta, che *ad un'epoca o ad un'altra* non si possa vedere dalla terra. Si può quindi osservare ogni punto della trajettoria di ciascun pianeta;

e sebbene si possa determinarne il corso senza attendere queste osservazioni, qui però importa moltissimo di badare al fatto che tutta l'orbita si può assoggettare a dirette osservazioni. I differenti pianeti presentano anche dei caratteri particolari da cui si può distinguere ciascuno di essi. Così, come si è detto, si osserva che sono corpi sferici di varia grandezza. Le loro superficie sono marcate in maniere particolari di luci e di ombre che, sebbene variabili d'aspetto e di posizione, pure, in ogni caso posseggono caratteri efficaci e permanenti con cui si può stabilire l'identità dell'oggetto anche quando non vi sia altro mezzo di determinarla.

A differenza dei pianeti, le comete non ci presentano i caratteri individuali ora accennati con cui si possa determinarne l'identità. Non si è potuto sapere in modo soddisfacente se alcuna di esse sia di forma sferica nè di qualunque altra figura definita. È certo che molte di loro non contengono materia solida, ma sono masse composte di qualche sostanza quasi trasparente; altre sono circondate per modo da questa materia apparentemente vaporosa, che è impossibile di scoprire, coi mezzi d'osservazione di cui possiamo disporre, se questo vapore ricopra entro di sè una massa solida. Lo stesso vapore che avviluppa questi corpi (se pure vi sono entro di esso) ce ne asconde anche i lineamenti ed i caratteri individuali. Anche i limiti del vapore, se pure è vapore, sono soggetti a molta variazione in ciascuna cometa particolare. In pochi giorni si osservano talvolta ingrandire o impiccolire di qualche centinaja di volte. Quindi una cometa che appaja a distanti intervalli non presenta alcun mezzo ovvio di riconoscerla. Una piccola estensione nel vapore che l'avvolge sarebbe evidentemente un pegno fallace d'identità: e non sarebbe meno inconcludente l'inferirne la differenza da una differente estensione della nebulosità.

Se una cometa girasse, come i pianeti, attorno al sole in un'orbita quasi circolare, la si potrebbe vedere in qualunque parte del suo corso, e se ne potrebbe così stabilire l'identità indipendentemente da qualunque carattere peculiare del suo aspetto. Ma non è questo il corso che si osserva che seguono le comete.

In generale una cometa non è visibile che per un arco della sua orbita che si estende ad una certa distanza limitata da una parte e dall'altra del perielio. Comincia ad apparire a qualche punto del suo corso, come g, o g', o g''; (fig. 1), si avvicina al sole e dispare dopo oltrepassato un punto corrispondente g, o g', o g'', nell'allontanarsi dal sole. Pertanto l'arco di orbita in cui è visibile non è che gag, $g'ag'$ oppure $g''ag''$.

Se quest'arco che si stende da una parte e dall'altra del perielio si potesse sempre osservare colla precisione con cui si osservano le orbite planetarie, si potrebbe sempre, dietro le proprietà delle sezioni coniche, determinare non solo il carattere generale dell'orbita, se sia ellittica, parabolica od iperbolica, ma assegnare eziandio la curva individuale di una specie o dell'altra percorsa dalla cometa, cosicchè si potrebbe conoscere il corso che seguiva prima di divenire visibile e quello tenuto dopo che cessò d'esser visibile, con altrettanta sicurezza e precisione come se si fosse potuto tracciarlo coll'osservazione diretta su tutta l'orbita.

XII.

Se si fosse riconosciuto che l'arco secondo cui si muove la cometa mentre è visibile appartiene ad un'iperbola, per es. *gag*, se ne inferirebbe che la cometa proveniendo da qualche regione dell'universo indefinitamente lontana è entrata nel sistema in una certa direzione L'*h*, che si può desumere dall'arco visibile *gag*, e che deve partirne per un'altra regione dell'universo indefinitamente remota, seguendo una direzione *hh'*, che anch'essa si può determinare dall'arco visibile *gag*.

Se invece si fosse trovato che l'arco visibile, per es. *g'ag'*, appartiene ad una parabola, allora dalle proprietà della curva conseguirebbe, in simil modo, che la cometa è entrata nel sistema provenendo da una regione dell'universo indefinitamente distante, in una certa direzione *p'p*, che si può desumere dall'arco visibile *g'ag'*, e che, quando cesserà d'essere visibile, escirà dal sistema in un'altra direzione determinata, *pp'*, parallela a quella per cui è entrata.

In nessuno di questi casi la cometa avrà un carattere periodico. Sarebbe analoga ad una di quelle meteore accidentali che si vedono corruscare traverso il firmamento per non più riapparire. Il corpo arrivando da qualche lontana regione e giungendo, come sembra, fortuitamente sotto l'attrazione solare è deviato dal suo corso, e percorso l'arco d'iperbola o di parabola che si vede seguire, sfugge dall'attrazione solare ed esce dal sistema per non più ritornarvi. Il fenomeno in un caso e nell'altro sarebbe in un certo senso accidentale, e non si potrebbe dire propriamente che il corpo appartenga al sistema. In quando riguarda la cometa, il fenomeno consisterebbe in un cambiamento della direzione del suo corso traverso il creato, operato dall'influenza temporanea della gravitazione solare.

XIII.

Ma il caso è molto differente, è assai più intima la relazione della cometa col sistema, e incomparabilmente maggiori sono l' interesse e l'importanza fisica del corpo, quando si trovi che l'arco percorso, $g''ag''$, faccia parte d' un' ellisse. In questo caso la parte invisibile dell'orbita si desumerebbe dalla visibile e si potrebbe conoscere l'asse maggiore aa'. La cometa presenterebbe il carattere della periodicità, compiendo delle rivoluzioni successive come i pianeti, e ritornando al perielio a alla fine del suo tempo periodico che si potrebbe dedurre dalla grandezza dal suo asse maggiore mediante la legge armonica.

Questo corpo non sarebbe dunque, come quelli che seguono un corso parabolico od iperbolico, un visitatore accidentale del sistema, non collegato ad esso da permanente relazione e sottoposto solo per accidente e temporariamente alla gravitazione solare. Sarebbe invece un membro del sistema permanente come i pianeti se non così strettamente regolare, sebbene dotato, come si vedrà fra poco, di caratteri fisici estremamente differenti.

Si capirà quindi facilmente con qual profondo interesse si riguardassero le comete prima che la teoria della gravitazione fosse stata ancora fermamente ricevuta e mentre era, per così dire, in via d'esperimento. Questi corpi si consideravano infatti come testimonii che dovessero deciderne il fato.

XIV.

Però delle difficoltà che sembravano quasi insormontabili si opponevano ad un' analisi soddisfacente e concludente del loro moto. Molte cause rendevano poche e poco precise le osservazioni dei loro luoghi apparenti. Gli archi gag, $g'ag'$, $g''ag''$ delle tre classi d' orbite in ciascuna di cui si potevano muovere senza violare la legge della gravitazione coincidevano quasi in prossimità al luogo a del perielio. In quasi tutti i casi che si presentavano si potevano, cioè, concepire tre curve differenti, un'ellisse assai eccentrica come ab, $a'b'$, una parabola $p'pa$, ed una iperbola, $h'ha$, così vicine fra loro che gli archi gag, $g'ag'$ e $g''ag''$ non deviassero l' uno dall' altro in una misura che sorpassasse gli errori inevitabili nelle osservazioni cometarie. Così qualunque delle tre curve poteva, entro i limiti del giro visibile della cometa, rappresentarne il corso con egual fedeltà. In

questi casi, dunque, era impossibile di inferire semplicemente dall'osservazione se la cometa appartenesse alla classe dei corpi d'orbita iperbolica o parabolica che non hanno il carattere della periodicità, o di quelli d'orbita ellittica che l'hanno.

XV.

Questo carattere della periodicità che appartiene esclusivamente alle orbite ellittiche è appunto quello che fornisce i mezzi di superare la difficoltà. Se si è osservato che una cometa ha un movimento ellittico, essa deve ritornare al perelio dopo aver compiuto la sua rivoluzione e deve essere stata veduta nel ritornare per l'addietro a quella posizione. Non solo dunque si avrebbe ad attendersi la futura riapparizione di essa dopo assenze di eguale durata (dipendenti dal suo tempo periodico), ma si devono potere determinare i suoi precedenti ritorni al perielio, cercando fra le apparizioni registrate di tali corpi quella di cui la data dell'apparizione potrebbe corrispondere col periodo supposto, e di cui se si osservassero i movimenti apparenti potrebbero indicare un moto reale in un'orbita identica o presso che tale con quella della cometa in quistione.

Se il moto d'un tal corpo non fosse affetto da altra forza, fuorchè dall'attrazione solare, dovrebbe riapparire dopo ciascuna rivoluzione successiva esattamente nello stesso punto, mentre è visibile, seguirebbe sempre esattamente allo stesso arco $g'ag'$; si muoverebbe sempre nello stesso piano, inclinato dello stesso angolo all'ecclittica, rimanendo i nodi sempre agli stessi luoghi e arriverebbe al perielio esattamente allo stesso punto a, e dopo intervalli esattamente eguali.

Ora, sebbene si possa ritenere che le azioni perturbatrici dei pianeti presso cui può passare nell'allontanarsi dal sole o nel ritornare verso di esso sieno assai più considerevoli che non quando un pianeta influisce sopra un altro pianeta, (tanto a motivo della leggerezza comparativamente estrema delle comete quanto per la grande eccentricità delle loro orbite, che talvolta intersecano realmente, o quasi lo fanno, quelle di parecchi pianeti e specialmente dei più grandi), pure queste attrazioni dei pianeti non sono infine che *unicamente* delle perturbazioni e non si può supporre che abbiano a distruggere il carattere che l'orbita riceve dalla forza predominante dall'immensa massa del sole. Sebbene dunque possiamo aspettarci alla possibilità e anche alla probabilità che una stessa cometa periodica nelle sue successive riapparizioni abbia a seguire, nell'avvicinarsi e nel dilungarsi dal perielio, un corso $a''ag''$ alquanto differente da

quello tenuto nelle apparizioni precedenti, in generale queste differenze, salvo in casi rari ed eccezionali, non possono essere assai considerevoli, e per la stessa ragione negli intervalli fra i suoi successivi periodi, sebbene possano differire l'uno dall'altro, non vi può essere molta variazione.

XVI.

Se dunque, esaminando le varie comete di cui furono registrate le apparizioni, e di cui furono osservate le posizioni mentre erano visibili, e calcolando col mezzo delle posizioni apparenti l'arco di orbita da esse percorso, si trovasse che due o più di esse mentre erano invisibili si muovessero lungo la medesima linea, si potrebbe presumere che fossero uno stesso corpo riapparso dopo aver compiuto il suo giro in un'orbita ellittica, nè questa congettura della sua identità si avrebbe a rigettare prontamente a motivo di qualche discrepanza fra le orbite osservate, o di qualche disuguaglianza negli intervalli fra le sue successive riapparizioni, perchè queste discordanze si ponno benissimo attribuire alle perturbazioni possibilmente prodotte dai pianeti incontrati dalla cometa nel suo corso.

XVII.

Però molte comete vennero *registrate* ma non *osservate*. Gli storici hanno ricordate ed anche descritte le loro apparizioni e in qualche caso hanno indicate le principali costellazioni traversate da questi corpi, ma non ci sono state tramandate delle osservazioni sulle loro posizioni apparenti da cui si potessero calcolare con un certo grado di approssimazione le loro orbite. Tuttavia, anche in questo caso, si può trovare il bandolo di stabilirne l'identità. I soli intervalli fra le loro comparse sono già un pegno d'identità sommamente attendibile. Così che se si fossero notate regolarmente delle comete apparse ad intervalli di cinquant'anni (non essendovi circostanza che ne rendesse evidente la diversità) si potrebbe ritenere con grandissima probabilità che fossero riapparizioni successive di una stessa cometa ellittica avente quell'intervallo per periodo.

XVIII.

Prima della fine del secolo decimosettimo, epoca segnalata dalle scoperte e dalle ricerche di Newton, erano state registrate negli an-

nali dei varii paesi le apparizioni di circa 400 comete. In molti casi però, la sola circostanza che si era notata era la comparsa dell'oggetto accompagnata molte volte da dettagli evidentemente esagerati sulla sua grandezza, sulla forma e sullo splendore. In alcuni pochi casi si erano menzionate le costellazioni per cui il corpo era successivamente passato colle date necessarie e in altri ancora più pochi erano state esposte delle rozze osservazioni. Da questi scarsi dati raccolti a fatica nelle opere conservate nei differenti paesi, si trassero i materiali sufficienti per calcolare, con più o meno d'approssimazione, gli elementi delle orbite di circa sessanta fra le quattrocento comete summenzionate.

Dal tempo di Newton, Halley e dei loro contemporanei in poi, gli osservatori furono più attivi e poterono disporre di strumenti di forza considerabile e continuamente crescente; cosicchè ogni cometa che da quell'epoca in poi fu visibile per l'emisfero boreale della terra venne osservata con precisione sempre crescente, e in tutti i casi se ne ottennero i dati con cui si calcolarono gli elementi delle orbite. Così dall'anno 1700 in poi ne vennero osservate circa 140 di cui si determinarono con gran precisione gli elementi delle orbite.

Risulta da ciò, che fra tutte le comete apparse nel firmamento si sono assegnate le orbite di circa 200. Fra questo numero, si riconobbe che quaranta si muovono in orbite ellittiche, alcune certamente e le altre con più o meno di probabilità.

Sette traversarono il sistema secondo iperbole e non lo visiteranno quindi più, a meno che non siano cacciate in altre orbite da qualche forza perturbatrice.

Cento e sessanta traversarono il sistema o in orbite paraboliche o in orbite ellittiche di così estrema eccentricità da non potersi discernere dalle parabole coi dati forniti dalle osservazioni.

XIX.

Nel 26 Novembre 1818 una cometa venne osservata a Marsiglia da Mr. Pons. Essendosene calcolato il corso nel Gennajo seguente, Mr. Arago la riconobbe immediatamente identica con una apparsa nel 1805. In seguito il sig. Encke di Berlino riuscì a calcolarne l'orbita intera — desumendo la parte invisibile dalla visibile — e trovò che il suo periodo era di circa 1200 giorni. Questo calcolo venne verificato dal fatto della sua riapparizione nel 1822. Dopo la qual epoca la cometa fu designata col nome di *Cometa di Encke* e ritornò regolarmente.

Si potrebbe domandare: come possa darsi che una cometa che compie le sue rivoluzioni nel corto periodo di tre anni e un quarto non sia stata osservata fino alla recentissima epoca del 1818? Ciò si spiega dal fatto che la cometa è così piccola e la sua luce è così debole che anche nelle posizioni più favorevoli non si può vederla senza l'ajuto del telescopio, e che non si può vederla neanche con questo in alcune circostanze che non ricorrono sempre all'occasione di ciascun suo passaggio al perielio. Tuttavia la cometa era stata osservata in tre occasioni precedenti e si erano annotati gli elementi generali del suo corso sebbene non ne fosse stato riconosciuto il carattere ellittico e in conseguenza quello della periodicità.

Confrontando però gli elementi allora osservati con quelli della cometa ora determinati, non si può dubitare della loro identità.

XX.

Nella tavola seguente sono esposti gli elementi dell'orbita di questa cometa, calcolati dietro le osservazioni fatte su di essa a ciascuna delle sue tre apparizioni nel 1786, nel 1795 e nel 1805, prima che ne fosse scoperto il carattere della periodicità, e alle sue undici apparizioni successive fino al 1852.

Il moto della cometa è diretto, e il suo periodo, che è soggetto ad una lieve variazione, era nel 1852 di anni 3.29616.

È evidente che fra il 1786 e il 1795 vi furono due ritorni al perielio che rimasero inosservati, che ve ne furono altri due fra il 1795 ed il 1805 e che da ultimo ve ne furono tre fra il 1805 e il 1819.

Si vede, dunque, che ad eccezione della forma ovale dell' orbita, il movimento di questo corpo non differisce in nulla da quello d'un pianeta che abbia una distanza media dal sole eguale a quella del più vicino fra i planetoidi. La sua eccentricità, però, è tale che quando è al perielio si trova entra l'orbita di Mercurio e che quando è all'afelio si trova al di là del più distante dei planetoidi e ad una distanza dal sole eguale a quattro quinti di quella di Giove.

XXI.

Nell'osservare il movimento di questa cometa si scoperse un fatto al tutto anomalo nei movimenti dei corpi del sistema solare e che accenna ad una conseguenza della più alta importanza fisica. Si è trovato che il suo tempo periodico e in conseguenza la sua distanza media sono soggetti ad un decremento lento, graduale e in appa-

renza regolare. Il decremento è piccolo ma non incerto minimamente. Ascende a quasi un giorno ad ogni dieci rivoluzioni, quantità che non si può in alcun modo attribuire ad errori di osservazioni o di calcolo; e, per di più, il decremento è continuo, laddove gli errori influirebbero sul risultato ora in un senso ed ora nell'altro. Il periodo della cometa fra il 1786 ed il 1795 fu di giorni $1208\frac{1}{9}$; fra il 1895 ed il 1805 di $1207\frac{9}{10}$; fra il 1805 ed il 1819 di giorni $1207\frac{4}{10}$; nel 1845 era di 1205 giorni ed $\frac{1}{4}$ e in fine nel 1852 di 1204 giorni.

Diminuendo così continuamente la grandezza dell'orbita (perchè il cubo dell'asse maggiore deve diminuire nella stessa proporzione del quadrato del tempo periodico), il vero corso seguito dalla cometa deve essere una specie di spirale ellittica i cui giri successivi sono assai contigui fra di loro, avvicinandosi sempre più la cometa al sole ad ogni successiva rivoluzione.

Questo moto non può dipendere dall'azione perturbatrice dei pianeti. Nel calcolare le effemeridi della cometa si è tenuto stretto conto di queste forze, e rimase ancora questo fenomeno che non si può attribuire ad esse, ma che è precisamente l'effetto di un agente fisico che resistesse debolmente ma costantemente al movimento tangenziale della cometa. Questo agente, col diminuire la velocità tangenziale, cresce efficacia all'attrazione del sole, ed aumenta in conseguenza la curvatura del corso della cometa; cosicchè, ad ogni rivoluzione essa gira a minore distanza dal centro dell'attrazione.

Elementi dell' Orbita della Cometa di Encke fino al 1852.

	Presa per unita' la differenza media della terra	Eccentrici-ta'	Distanza del perielio	Distanza dell'a-felio	Longitudine del perielio	Longitudine del nodo ascendente	Inclinazione	Epoca del passaggio al perielio	
	a	e	$d' = a \times (1-e)$	$d'' = a \times (1+e)$	π	ν	i		
					° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″		ore m.
1786	2,2080	0,8484	0,3348	4,0812	156 38 0	334 8 0	13 36 0	Gennajo 30	21 7
1795	2,2130	0,8489	0,3344	4,0916	156 41 20	334 39 22	13 42 30	Dicembre 21	10 44
1805	2,2131	0,8462	0.3304	4,0860	156 47 24	334 20 10	13 33 30	Novembre 21	12 9
1819	2,2141	0,8486	0,3853	4.0929	156 59 12	334 33 19	13 36 54	Gennajo 27	6 18
1822	2,2244	0,8445	0,3460	4,1028	157 11 44	334 25 9	13 20 17	Maggio 23	23 16
1825	2,2233	0.8449	0.3449	4,1017	157 14 31	334 27 30	13 21 24	Settembre 16	6 43
1829	2,2239	0,8446	0,3455	4,1023	157 17 53	334 29 32	13 20 34	Gennajo 9	18 3
1832	2,2219	0,8454	0,3435	4,1003	157 21 1	334 32 9	13 22 9	Maggio 23	23 34
1835	2,2227	0,8450	0,3444	4,1010	157 23 29	344 34 59	13 21 15	Agosto 26	8 49
1838	2,2222	0,8452	0,3440	4,1004	157 27 4	334 36 41	13 21 28	Dicembre 19	0 27
1842	2,2229	0,8448	0,3450	4,0998	157 29 27	334 39 10	13 20 26	Aprile 12	0 35
1845	2,2215	0,8474	0,3381	4,1049	157 44 21	334 19 34	13 7 34	Agosto 9	15 11
1848	2,2147	0,8478	0,3371	4,0923	157 47 8	334 22 12		Novembre 26	3 0
1852	2,2152	0,8477	0,3374	4,0930	157 51 2	334 23 21	13 7 55	Marzo 14	20
									M. T. B.

XXII.

È evidente che un mezzo resistente, come si ritiene che sia l'etere luminifero nell'ipotesi che forma la base della teoria delle ondulazioni della luce, potrebbe produrre questo fenomeno, e difatti il movimento di questa cometa si considera come un forte argomento per convertire quel fluido ipotetico in un agente fisico reale.

Resterebbe a vedersi se si manifesti un fenomeno somigliante nel movimento di altre comete periodiche. La scoperta di questi corpi e le osservazioni dei loro movimenti sono ancora troppo recenti perchè gli astronomi possano decidere la quistione, malgrado il grande loro numero.

XXIII.

Se dagli effetti generalmente osservati sulle comete si avesse a stabilire l'esistenza di questo mezzo, ne conseguirebbe che alla fine d'un certo tempo (di molti secoli è vero, ma però un intervallo definito) le comete verrebbero assorbite successivamente dal sole, a meno che, come non è improbabile, non avessero ad essere vaporizzate in prima dalla vicinanza dei fuochi solari e venissero così incorporate alla sua atmosfera.

Negli sforzi con cui l'umano intelletto s'affatica in cerca della verità, è curioso l'osservare quante volte s'inciampi nella meta per accidente o vi si giunga con un ragionamento falso. Una delle congetture di Newton sulle comete era che fossero « alimenti per sostentare i soli » e da ciò egli conchiudeva che questi corpi fossero in uno stato di un progressivo declinare verso i soli attorno a cui girano rispettivamente e che di tempo in tempo cadessero in questi soli. Sembra che questa opinione sia stata accarezzata da Newton nelle ultime ore della sua vita: non solo egli la consegnò nei suoi scritti immortali, ma pervenne fino a noi una conversazione su questo argomento, tenuta fra lui, all'età di ottantatre anni, ed un suo nipote. « Non saprei dire, » diceva Newton, « quando cadrà nel sole la cometa del 1680: può darsi dopo cinque o sei rivoluzioni: ma, qualunque sia l'epoca a cui accadrà questo, il calore del sole ne verrà portato ad un punto da abbruciare il nostro globo, per cui periranno tutti gli animali che lo abitano. Le nuove stelle osservate da Ipparco, Ticone e Keplero devono essere procedute da una simil causa, poichè sarebbe impossibile di spiegare

altrimenti il loro improvviso splendore ». Allora il nipote gli domandò « Perchè, quand'egli asseriva nei suoi scritti che le comete finirebbero a cadere nel sole, non parlava anche dei grandi fuochi che vi produrrebbero, come egli supponeva che avessero fatto nelle stelle? » — « Perchè », rispondeva il vecchio, « le conflagrazioni del sole ci risguardano un po' più direttamente. Ho però detto abbastanza », aggiungeva sorridendo, « perchè il mondo possa inferirne la mia opinione ».

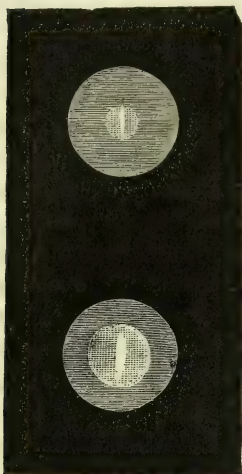



Fig. 19. — 24 *Gennajo* 1836.

Fig. 20. — 25 *Gennajo* 1836.

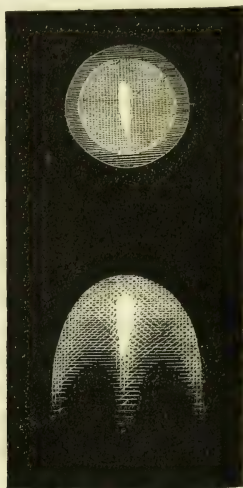



Fig. 21 — 26 *Gennajo* 1836.

Fig. 22. — 27 *Gennajo* 1836.

Cometa di Halley nell'allontanarsi dal sole nel 1836.

Capitolo Secondo.

XXIV. Perchè non si manifestino effetti somiglianti nei movimenti dei pianeti. — **XXV.** Rettificazione del calcolo della massa di Mercurio. — **XXVI.** Cometa di Biela. — **XXVII.** Possibilità d'una collisione della cometa di Biela colla terra. — **XXVIII.** Separazione della cometa di Biela in due. — **XXIX.** Cambiamenti d'apparenza che accompagnarono la separazione. — **XXX.** Cometa di Faye. — **XXXI.** Sua riapparizione nel 1850-1 calcolata da M. Le Verrier. — **XXXII.** Cometa di De Vico. — **XXXIII.** Cometa di Brorsen. — **XXXIV.** Cometa di D'Arrest. — **XXXV.** Cometa ellittica del 1743. — **XXXVI.** Cometa ellittica del 1766. — **XXXVII.** Cometa di Lexell. — **XXXVIII.** Analisi di Laplace applicata alla cometa di Lexell. — **XXXIX.** Sua orbita prima del 1767 e dopo il 1770 calcolata colla sua formola. — **XL.** Queste ricerche rivedute da M. Le Verrier. — **XLI.** Operazioni con cui si può decidere sulla identità delle comete periodiche. — **XLII.** Applicazione fattane da M. Le Verrier alle comete di Faye, di De Vico, di Brorsen e a quella di Lexell — prova della loro diversità. — **XLIII.** Probabile identità della cometa di De Vico con quella del 1678 — **XLIV.** Cometa di Blainplan del 1819. — **XLV.** Cometa del 1819 di Pons. — **XLVI.** Cometa del 1783 Pigott. — **XLVII.** Cometa del 1846 di Peters. — **XLVIII.** Tavola sinottica delle orbite delle comete che si muovono entro l'orbita di Saturno. — **XLIX.** Quadro delle loro orbite. — **L.** Carattere planetario delle loro orbite. — 3.° *Comete ellittiche la cui distanza media è quasi eguale a quella di Urano* : **LI.** Le Comete di lungo periodo

riconosciute per le prime come periodiche. — LII. Congetture di Newton sull'esistenza di comete di lungo periodo. — LIII. Ricerche di Halley. — LIV. Halley ne predice la riapparizione nel 1758-9.

XXIV.

Si potrebbe domandare se, ammessa l'esistenza di un mezzo resistente, si possa attendersi ad un eguale destino per i pianeti? Ad un tal quesito si può rispondere che entro i limiti delle annotazioni astronomiche condotte fino al giorno d'oggi il mezzo etereo, se esiste, non ebbe effetto sensibile sul movimento di nessun pianeta. Che possa avere effetto percettibile sulle comete e non sui pianeti non farà sorpresa a chi consideri l' estrema leggerezza delle comete in confronto del loro volume. L'effetto nei due casi si può paragonare a quello dell'atmosfera sopra un po' di peluria di cigno e sopra una palla di piombo che si muovano in essa. È certo che, qualunque sia la natura del mezzo resistente, esso non produrrà per molti secoli avvenire il minimo effetto percettibile sul movimento dei pianeti.

XXV.

In generale le masse delle comete, come si dirà, sono incomparabilmente più piccole di quelle dei più piccoli pianeti; di tanto, insomma, da non esservi apprezzabile proporzione fra di loro. Una conseguenza di ciò è che mentre gli effetti della loro attrazione sui pianeti sono affatto insensibili, sono invece assai considerevoli le azioni perturbatrici delle masse dei pianeti su di loro. Queste azioni essendo proporzionali alle masse perturbatrici ponno servire a misura di queste ultime, appunto come il movimento della palletta di midollo della bilancia di torsione somministra una misura delle forze fisiche a cui è applicato l' istrumento.

La cometa di Encke, presso al suo perielio, passa vicino all'orbita di Mercurio; e quando avvenga che il pianeta, all'epoca del suo perielio, si trovi vicino al medesimo punto, si manifesta una perturbazione considerevole e misurabile nel movimento della cometa che, quando sia osservata, può somministrare una misura della massa del pianeta.

Questa combinazione dei movimenti del pianeta e della cometa si verificò in circostanze favorevolissime nell'occasione del passaggio della cometa al perielio nel 1838, e ne risultò, dai calcoli del Professore Encke, la scoperta di un errore di molta entità, nella precedente valutazione della massa del pianeta. Fatte le debite deduzioni per le

altre attrazioni planetarie, e per gli effetti del mezzo resistente, di cui sembra necessario di ammettere l'esistenza, se ne conchiuse che la massa assegnata da Laplace a Mercurio era troppo grande nella proporzione di 12 a 7.

La questione è ancora sotto esame, ed ogni successivo passaggio della cometa al perielio aumenterà i dati con cui si potrà raggiungere l'esatta soluzione.

XXVI.

Al 28 Febbrajo 1826, il Sig. Biela, ufficiale austriaco, osservò in Boemia una cometa che fu veduta quasi contemporaneamente da M. Gambart a Marsiglia. Si osservò che il cammino da essa seguito era simile a quello delle comete apparse nel 1772 e nel 1806. Finalmente, si trovò che questo corpo si volgeva intorno al sole in un'orbita ovale, e che il tempo d'una sua rivoluzione era circa 6 anni ed 8 mesi. È ritornata di poi al tempo predetto, e venne adottata come membro del nostro sistema, sotto il nome di cometa di Biela.

La cometa di Biela si muove in un'orbita il cui piano forma un piccolo angolo con quello dell'orbita degli altri pianeti. Non è che leggiermente ovale, poichè la lunghezza sta alla larghezza quasi nella proporzione di 4 a 3. Quando si trova più vicina al sole, la sua distanza è un po' minore di quella della terra; e quando è più lontana dal sole, la sua distanza supera alquanto quella di Giove. Così, si muove nel sistema solare fra le orbite di Giove e della terra.

Questa cometa era stata osservata nel 1772 e nel 1806 ma non se ne era riconosciuta la forma ellittica dell'orbita e in conseguenza la periodicità. Il suo ritorno al perielio fu predetto ed osservato nel 1832, nel 1846 e nel 1852; ma quello che avvenne nel 1838 sfuggì all'osservazione in causa della sua sfavorevole posizione e dell'estrema debolezza della sua luce.

Nel mio *Manuale di Astronomia* si può vedere una tavola degli elementi di questa cometa ad ogni sua apparizione dal 1772 al 1846 inclusivo.

XXVII.

Uno dei punti in cui l'orbita della cometa di Biela interseca il piano dell'ecclittica è distante dall'orbita della terra d'una quantità minore della somma dei semidiametri della terra e della cometa. Segue da ciò, che se la cometa avesse ad arrivare in quel punto

nel medesimo istante in cui la terra passa per quel punto della sua orbita che gli è più vicino, una parte del globo terrestre dovrebbe penetrare nella cometa.

Nell'occasione del passaggio della cometa al perielio nel 1832, si stimò che il suo semidiametro (essendo questo corpo quasi sferico e mancante di coda percettibile) fosse di 21000 miglia, mentre la distanza dall'orbita della terra del punto a cui il suo centro traversò il piano dell'ecclittica nel 29 Ottobre di quell'anno, non era che di 18600 miglia. Se fosse accaduto che il centro della terra in quel giorno si fosse trovato al punto della sua orbita più vicino al centro della cometa, la distanza fra i centri dei due corpi sarebbe stata di sole 18600 miglia mentre il semidiametro della cometa era di 21000 miglia e quello della terra di 4000 miglia in numeri tondi, e in conseguenza di ciò la terra in questo caso avrebbe dovuto immergersi nella cometa fino alla profondità di

$$21000 + 4000 - 18600 = 6400$$

miglia, cioè fino ad una profondità di più che tre quarti del diametro della terra.

Essendosi sparsa la voce della possibilità di siffatta catastrofe, si destò un grande allarme popolare prima del ritorno aspettato della cometa nel 1832. Si era, però, dimostrato, che al 29 di ottobre la terra sarebbe stata lontana quasi cinque milioni di miglia dal punto pericoloso, e che quando la terra arriverebbe in quel punto, la cometa se ne sarebbe ancora maggiormente allontanata.

XXVIII.

Separazione della cometa di Biela in due. L'apparizione della cometa nel 1846 fu accompagnata da uno dei fenomeni più straordinarii di cui si trovi esempio nella Storia dell' Astronomia. La si vide in quell' occasione risolversi in due comete distinte, che, dalla fine del dicembre 1845, fino all' epoca del suo scomparire nell' aprile 1846, si mossero in orbite distinte e indipendenti. I cammini dei due corpi erano in tale giustaposizione ottica che questi si vedevano simultaneamente nel campo di visione del telescopio, e che il massimo angolo visuale fra i loro centri non arrivava mai a 10', dipendendo principalmente le variazioni di quest' angolo dal cambiamento di direzione della visuale rispetto alla retta congiungente i loro centri e dal cambiare la distanza della cometa dalla terra.

M. Plantamour, direttore dell' osservatorio di Ginevra, calcolò le orbite delle due comete considerate come corpi indipendenti, e trovò

che la vera distanza dei loro centri, soggetta solo ad una piccola variazione mentre è visibile, era di circa trentanove semidrametri terrestri o di circa due terzi della distanza della luna. Le comete si muovono una di fianco all'altra senza manifestare nessuna vicendevole influenza perturbatrice; circostanza che non può recare sorpresa se si consideri la massa estremamente piccola di questi corpi.

XXIX.

La cometa originaria era apparentemente una massa globulare di materia nebulosa semitrasparente al suo centro, e priva di apparenza discernibile di coda.

Dopo la separazione entrambe le comete avevano brevi code parallele fra loro e perpendicolari alla retta congiungente i loro centri: entrambe possedevano un nucleo. Dal giorno della separazione la cometa originaria diminuì e la compagna crebbe di splendore, finchè, al 10 di febbrajo, furono sensibilmente eguali. In seguito la compagna andò ancora crescendo di splendore e dal 14 al 16 non solo superava la cometa originaria, ma possedeva un nucleo acuto e simile ad una stella paragonabile ad una scheggia di diamante. Allora si invertì il cambiamento di chiarezza; la cometa originaria ricuperò la sua superiorità ed al 18 acquistò l'aspetto che la compagna presentava dal 14 al 16. Dopo di che la compagna svanì a poco a poco, e scomparve prima della scomparsa finale della cometa primitiva al 22 di aprile.

Si osservò pure che una sottil linea od arco luminoso abbracciava lo spazio che separava i centri dei due nuclei, specialmente quando l'uno o l'altro aveva raggiunto il massimo splendore sembrando che l'arco emanasse da quello che nel momento era più risplendente.

Dopo la scomparsa della compagna, la cometa primitiva gettò fuori tre smunte code formanti l'una coll'altra un angolo di 120° ed una delle quali era diretta al luogo già occupato dalla compagna.

Si sospetta che la sparuta cometa che il professor Secchi osservò precedere nel 1852 quella di Biela possa essere stata la compagna separatane in questo modo, e in questo caso la separazione sarebbe stata permanente e la distanza fra le parti sarebbe maggiore di quella che passa fra la terra ed il sole.

XXX.

Al 22 novembre 1843, M. Faye, dell'osservatorio di Parigi, scoprì una cometa il corso della quale sembrava incompatibile col

carattere parabolico. Il dott. Godschmidt mostrò che essa si moveva in una ellisse di piccole dimensioni col periodo di 7 anni e mezzo. Si osservò tosto come cosa straordinaria che malgrado i frequenti ritorni al perielio indicati da questo periodo non ne fossero state registrate le precedenti apparizioni. M. Faye rispose dimostrando che l' afelio dell' orbita passava vicino all' orbita di Giove, e che era possibile che l' azione violenta della gran massa del pianeta, in così grande prossimità alla massa comparativamente piccola della cometa, avesse spinta quest' ultima nell' orbita presente, mentre la sua orbïta anteriore poteva essere una parabola, od un' ellisse di tali elementi che impedissero alla cometa di venire entro quella distanza a cui sarebbe stata visibile. M. Faye appoggiò queste osservazioni adducendo l' esempio di una cometa più antica, di cui ora verremo a parlare, ed a cui si suppone con grande probabilità, se non con certezza, che sia occorso un simile accidente.

XXXI.

Le osservazioni fatte in diversi Osservatorii, e segnatamente quelle fatte a Pultava dal sig. Struve, che continuò ad osservare la cometa per lungo tempo dopo che si era cessato di osservarla dovunque, fornirono a M. Le-Verrier i dati necessarii per calcolarne il movimento soggetto all' influenza perturbatrice dei pianeti, nell' intervallo fra il perielio nel 1843 e la sua riapparizione aspettata per il 1850-1, e ne predisse il perielio successivo per il 3 di aprile del 1851.

Coll' ajuto delle formole di M. Le-Verrier, il luogotenente Stratford calcolò un' effemeride provvisoria con cui gli osservatori potessero più agevolmente scoprire la cometa, ciò che era necessarissimo essendo l' oggetto estremamente sparuto e piccolo e tale da non potersi vedere se non col sussidio dei più perfetti telescopii. Colla scorta di queste effemeridi, il professore Challis di Cambridge trovò la cometa nella notte del 28 novembre assai davvicino alla posizione assegnatale nella tavola. Vennero dirette su di essa soltanto due osservazioni, che però bastarono perchè M. Le-Verrier potesse recare maggior precisione alle sue formole, assegnando un valore numerico definito ad una piccola quantità che prima era rimasta indeterminata. Il luogotenente Stratford calcolò colle formole corrette un' effemeride più estesa e più esatta che arrivava fino all' ultimo giorno di Marzo, e la publicò nell' Almanacco Nautico, il gennajo 1851.

La cometa, sebbene estremamente fioca e piccola e però difficile ad osservarsi, venne osservata e continuò ad essere osservata a Cambridge dal Professore Challis col gran teloscopio di Northumberland ed a Pultava dal sig. Struve e la si trovò muoversi in esatta coincidenza colle predizioni.

XXXII.

Il 22 Agosto 1844, il Sig. De Vico, dell'Osservatorio di Roma, scoperse una cometa, di cui poco dopo il Sig. Faye dimostrò che l'orbita era un'ellisse di mediocre eccentricità con un periodo di quasi 5 anni e mezzo. Arrivò al perielio il 2 di Settembre e continuò ad essere osservata fino al 7 Dicembre.

XXXIII.

Il 26 Febbrajo 1846, il Sig. Brorsen di Kiel scoperse una pallida cometa che si trovò in breve che si muoveva in un'orbita ellittica col periodo di circa cinque anni e mezzo. Non essendone favorevole la posizione in cielo, le osservazioni su di essa furono poche e gli elementi non ne vennero quindi assegnati con tutta la precisione desiderabile. La sua riapparizione all'avvicinarsi del successivo perielio fu aspettata dal Settembre al Novembre del 1851. Però sfuggì all'osservazione, a motivo della sua posizione sfavorevole rispetto al sole. Il suo prossimo passaggio al perielio si aspettava per il 1857.

XXXIV.

Il 27 Giugno 1851, il Dott. D'Arrest, dell'Osservatorio di Lipsia, scoperse una cometa poco brillante, ed il Sig. Villarceaux provò che si moveva in un'orbita ellittica col periodo di circa 6 anni e mezzo. Il prossimo passaggio al perielio doveva avvenire sulla fine del 1857 o sul principio del 1858.

XXXV.

Una revisione delle osservazioni conservate delle prime comete eseguita collo zelo più attivo e più intelligente dei moderni matematici e calcolatori, condusse alla scoperta della gran probabilità che parecchie fra loro si movessero in orbite ellittiche con periodi che non differivano notevolmente da quelli delle comete ora menzionate.

Il fatto del non essere state osservate queste comete ai loro ritorni al perielio si può spiegare sia colla difficoltà di osservarle in causa tanto della sfavorevole posizione quanto della circostanza che gli osservatori non ne aspettavano la riapparizione, non sospettandone il carattere periodico, sia colla possibilità che sieno state spinte dall'influenza perturbatrice dei pianeti maggiori in orbite continuamente fuori della portata degli osservatori terrestri.

Fra queste si può ricordare una cometa che apparve nel 1743 e venne osservata da Zanetti a Bologna; le osservazioni indicavano un'orbita ellittica con un periodo di circa 5 anni e mezzo.

XXXVI.

Questa cometa, che fu osservata da Messier a Parigi e da La Nux all'isola di Bourbon, secondo i calcoli di Burckhart si rivolgeva in un'ellisse con un periodo di 5 anni.

XXXVII.

La storia dell'astronomia fa menzione di un esempio singolare d'una cometa che apparve nel sistema, fece due rivoluzioni intorno al sole in un'orbita ellittica e poi disparve, non essendo mai stata veduta altra volta nè prima nè poi.

Questa cometa fu scoperta da Messier nel Giugno 1770, nella costellazione del Sagittario fra la testa e l'estremità nord dell'arco e fu osservata per tutto quel mese. Disparve in Luglio, eclissata dai raggi solari. Dopo essere passata al perielio riapparve circa il 4 d'Agosto e continuò ad essere osservata fino ai primi di Ottobre quando disparve definitivamente.

Tutti gli sforzi degli astronomi d'allora non riuscirono a dedurre dalle osservazioni il corso della cometa, finchè sei anni dopo, nel 1776, Lexell dimostrò che le osservazioni si conciliavano non con un giro parabolico, come si era previamente ammesso, ma con un'ellisse e tale per di più da indicare il breve periodo di 5 anni e mezzo, ciò che fino allora era senza esempio.

Si obbiettò immediatamente a questa soluzione, che l'ammetterla implicherebbe la conseguenza che con un periodo così breve e la grandezza e lo splendore con cui apparve nel 1770, si avrebbe dovuto aver vista frequentemente la cometa nei suoi precedenti passaggi al perielio mentre invece non si trovava memoria di simili apparizioni.

Lexell vi rispose mostrando che gli elementi dell'orbita dedotti dalle

osservazioni fatte nel 1770, erano tali che al suo afelio precedente nel 1767 la cometa aveva dovuto passare ad una distanza dal pianeta Giove cinquantotto volte minore della sua distanza dal sole; e che in conseguenza aveva dovuto allora subire un' attrazione dalla gran massa del pianeta tre volte più energica di quella del sole: che in conseguenza ne era stata cacciata dall'orbita in cui si moveva precedentemente nell' orbita ellittica che percorreva realmente nel 1770; che la sua orbita, prima del 1767, era, secondo ogni probabilità, una parabola e in fine che movendosi poi in un' orbita ellittica dal 1770 e godendo della periodicità conseguente da questa maniera di moto, percorreva però solo per la prima volta la nuova orbita e prima di quell'epoca non era mai venuta entro la sfera dell'attrazione solare.

Lexell aggiunse inoltre che siccome la cometa passava all'afelio, quasi all'intersezione coll'orbita di Giove, ad intervalli alquanto maggiori di cinque anni e mezzo, ed aveva incontrato il pianeta presso quel punto nel 1767, e siccome il periodo del pianeta era poco più di undici anni, il pianeta dopo una rivoluzione e la cometa dopo due rivoluzioni avrebbero dovuto incontrarsi necessariamente di nuovo nel 1779; e che siccome l'orbita era tale che nel 1779 la cometa doveva passare ad una distanza da Giove 500 volte minore della sua distanza dal sole, avrebbe dovuto sopportare da quel pianeta un'influenza 250 volte maggiore dell'attrazione solare e che secondo ogni probabilità ne sarebbe stata cacciata di nuovo in un'orbita iperbolica o parabolica, ed in questo caso si sarebbe allontanata per sempre dal nostro sistema, visitando altre sfere d'attrazione. Lexell predisse quindi la difinitiva scomparsa della cometa, che difatti ebbe luogo.

Nell'intervallo dal 1779, la cometa ritornò una volta al perielio; ma la sua posizione fu tale che non si trovò sopra l'orizzonte che di giorno e non potè quindi essere osservata coi mezzi di cui allora disponeva la scienza.

XXXVIII.

A quell'epoca la scienza analitica non aveva risolto definitivamente il problema delle perturbazioni planetarie. Più tardi, l'argomento fu ripreso da Laplace il quale nella sua celebre opera, la *Meccanica celeste*, diede la soluzione generale del seguente problema: « Data l'orbita attuale d'una cometa, trovarne l'orbita prima e dopo che sia stata soggettata ad una data azione perturbatrice d'un pianeta presso cui abbia dovuto passare. »

XXXIX.

Facendo l'applicazione al caso particolare della cometa di Lexell, e assumendo come dati le osservazioni registrate nel 1770, Laplace dimostrò che prima di subire l'azione perturbatrice di Giove nel 1767, la cometa doveva muoversi in un'ellisse col semidiametro maggiore di 13,293 e che in conseguenza il periodo invece di 5 anni e mezzo doveva esserne di 48 anni e $\frac{1}{2}$, e che l'eccentricità dell'orbita era tale che la sua distanza del perielio era poco minore della distanza media di Giove, e in conseguenza non poteva essere mai stata visibile. Ne seguiva anche che, dopo avere subìta l'azione perturbatrice di Giove nel 1779, la cometa era passata in un'orbita ellittica avente il semiasse maggiore di 7, 3, che il periodo ne era quindi di venti anni, e che la sua eccentricità era tale che la distanza del suo perielio era più che doppia della distanza di Marte, e che in una simile orbita non poteva rendersi visibile.

XL.

Questa soluzione fu poi riveduta da M. Le Verrier, il quale dimostrò che le osservazioni del 1770 non erano precise ed accurate a sufficienza per giustificare delle conclusioni così assolute. Egli fece vedere che l'orbita del 1770 era soggetta a qualche incertezza oscillando fra certi limiti definiti, che in conseguenza di ciò le posizioni della cometa nel 1767 e nel 1779 erano soggette ad incertezza ancora più grande. Così egli mostrò che, compatibilmente colle osservazioni del 1770, la cometa nel 1779 poteva passare notevolmente al di fuori, o notevolmente dentro dell'orbita di Giove, o poteva, come si supponeva che avesse fatto, passare effettivamente entro le orbite dei suoi satelliti. Ne dedusse infine le seguenti conclusioni generali:

1. Che se la cometa fosse passata entro le orbite dei satelliti avrebbe dovuto cadere nel pianeta e incorporarsi con esso; accidente che egli ritiene sommamente improbabile quantunque non affatto impossibile.

2. Che l'azione di Giove possa avere cacciata la cometa in un'orbita parabolica od iperbolica, nel qual caso ella avrebbe abbandonato del tutto il nostro sistema per non più ritornarvi, se non in conseguenza di qualche perturbazione prodotta in altra sfera di attrazione.

3. Che possa esserne stata spinta in un' orbita ellittica con un grande asse ed un lungo periodo così disposta e così formata che non avesse più a rendersi visibile: supposizione che concorda colla soluzione di Laplace.

4. Che unicamente i suoi elementi ellittici possano essere stati più o meno modificati dall'azione del pianeta, senza perdere il carattere della brevità del periodo, risultato che M. Le Verrier ritiene il più probabile e per cui sarebbe ancora possibile di identificare la cometa con una delle molte a breve periodo scoperte a ciascun anno dalla attività e dalla sagacità degli osservatori.

Per facilitare queste ricerche, M. Le Verrier diede una Tavola comprendente tutti i possibili sistemi di elementi ellittici a breve periodo che la cometa poteva avere assunto, sotto l' influenza perturbatrice di Giove, assumendo le osservazioni del 1770 entro i limiti possibili d' errore.

Dimostrò pure che l' orbita in cui si moveva la cometa prima di risentire l'azione perturbatrice di Giove non poteva essere un' iperbola nè una parabola, ma che deve essere stata un' ellisse coll' asse maggiore notevolmente più piccolo di quello dedotto da Laplace dalle insufficienti osservazioni di Messier. Provò, che prima di quell' epoca la distanza del perielio della cometa non poteva, in alcuna ipotesi ammissibile, essere più che tripla della distanza media della terra e che più probabilmente era compresa tra una volta e mezza e due volte questa distanza; e che il semiasse maggiore dell' orbita non poteva essere più di quattro volte e mezza la distanza media della terra, cioè tre volte minore della grandezza indicata dai calcoli di Laplace.

XLI.

Non si deve credere peraltro che basti di paragonare gli attuali elementi di ogni cometa che si scopra, con quelli dati nella tavola di M. Le Verrier, per inferirne la diversità quando non sieno identici. Una tale illazione non potrebbe essere convalidata che dal dimostrarsi che per il passato la cometa in questione non abbia sofferto alcuna seria perturbazione la quale possa averne considerevolmente cambiati gli elementi dell' orbita. Per decidere la quistione bisogna esaurire un processo molto più laborioso e difficile; processo da cui non si ritrasse l' infaticabile coraggio di M. Le Verrier. In una parola, per dare una soluzioue soddisfacente e concludente al problema, è necessario di seguire la cometa in questione in tutte

le sue rivoluzioni precedenti fino al 1779, di calcolare ed assegnare tutte le perturbazioni che può avere subìto dai pianeti incontrati in questo intervallo e determinare in tal guisa l'orbita che avrebbe dovuto avere prima di queste perturbazioni, nel 1779. Si devė poi confrontare quest'orbita colle possibili orbite della cometa di Lexell indicate nella tavola di M. Le Verrier, e quando si trovasse identica con alcune di queste si potrebbe concluderne con moltissima probabilità l'identità della cometa in discorso con quella di Lexell, mentre ne seguirebbe la diversità delle comete se si trovassero delle discordanze tali da superare qualunque errore supponibile di osservazione o di calcolo.

XLII.

M. Le Verrier applicò questi principii alle comete di Faye, di De Vico, e di Brorsen; rintracciandone i movimenti non veduti per tre quarti di secolo, e assegnando gli effetti delle perturbazioni a cui devono essere state individualmente sottoposte di rivoluzione in rivoluzione, finchè le portò all'epoca del 1779. Paragonandone le orbite così determinate con quelle della tavola delle orbite possibili della cometa di Lexell, mostrò che nessuna di esse poteva essere identica a questa, per quanto fortemente lo facessero presumere alcuni degli elementi delle loro orbite presenti.

XLIII.

La cometa di De Vico presentando molta analogia con una che era stata osservata da Ticone Brahe e da Rothmann nel 1585 e con una osservata da La Hire nel 1678, M. Le Verrier applicò simili principii all'esame della loro identità.

I sigg. Laugier e Mauvais osservarono che gli elementi della cometa di De Vico presentavano tanta somiglianza con quelli della cometa di Ticone Brahe da decidere quasi della loro identità. M. le Verrier seguendo all'indietro il corso della cometa di De Vico fino al 1585 mostrò che la sua orbita differiva allora da quella della cometa di Ticone, in modo da esserne incompatibile qualunque plausibile illazione di identità. (Memorie dell'Accademia delle Scienze, 1847.)

Con un simile ragionamento dimostrò tuttavia, essere sommamente probabile l'identità della cometa di De Vico con quella osservata da La Hire nel 1678.

XLIV.

Mr. Blainplan scoperse nel 28 Novembre 1819 a Marsiglia una cometa che venne osservata a Milano fino al 25 Gennajo 1820. Le osservazioni ridotte e calcolate dal professore Encke, indicarono un' orbita ellittica col corto periodo di cinque anni. Clausen congetturò che questa cometa potesse essere identica con quella del 1743. Non venne più veduta dopo il 1820.

XLV.

Il 12 di Giugno 1819 venne scoperta da Mr. Pons una cometa che venne osservata fino al 19 di Luglio. Il Professore Encke assegnò un' orbita ellittica col periodo di cinque anni e mezzo.

XLVI.

Burckhardt mostrò che una cometa scoperta nel 1783 a Nuova-York da Mr. Pigott aveva un' orbita ellittica col periodo di cinque anni e mezzo.

XLVII.

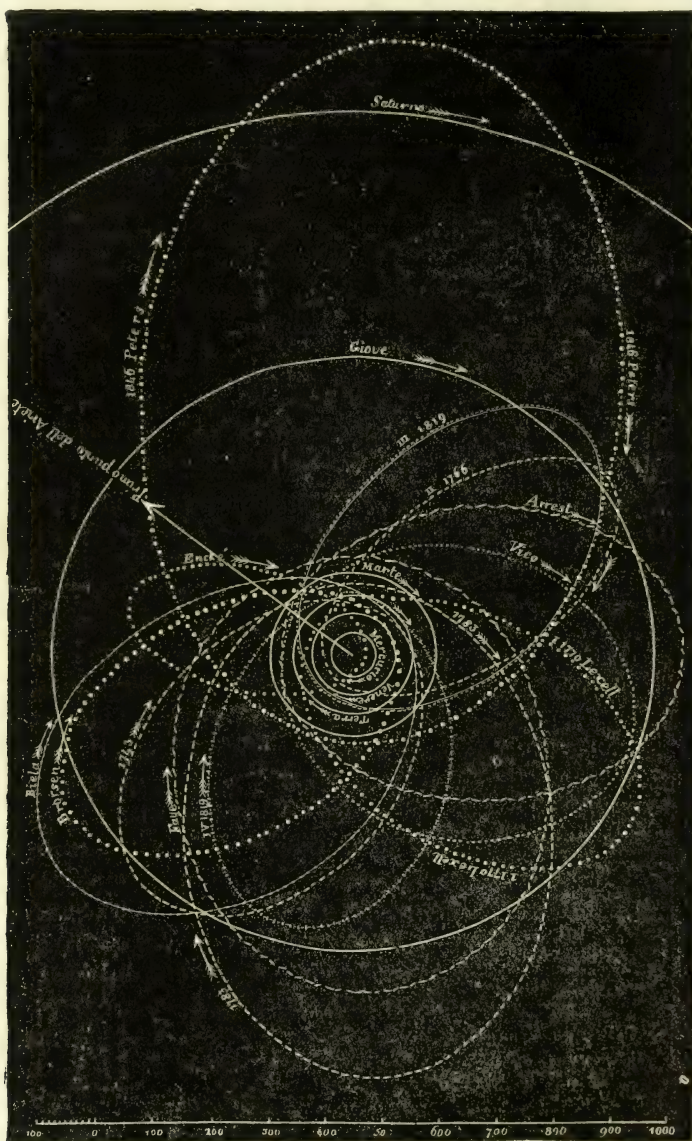
Il 26 Giugno 1846 fu scoperta a Napoli da Mr. Peters una cometa che venne poi osservata a Roma da De Vico e continuò ad essere veduta fino al 21 Luglio. A questa cometa si assegnò un' orbita ellittica con un periodo da tredici a sedici anni, essendovi qualche incertezza nelle osservazioni. Si aspettava il ritorno di questa cometa nel 1859, 1860.

XLVIII.

Nel mio *Manuale di Astronomia* si può vedere una tavola sinottica degli elementi delle comete ellittiche su citate.

XLIX.

Nella figura 2 (pag. 240) sono presentate rozzamente le orbite di queste tredici comete riportate ad un piano comune, però nelle giuste proporzioni e posizioni relative in modo di mostrarne all'occhio

le varie eccentricità e le direzioni relative degli assi. * Tutti questi corpi, senza eccezione, girano nella direzione comune dei pianeti.

(*) Per evitare la confusione, le orbite delle differenti comete sono indicate nel disegno da linee punteggiate e spezzate di differenti maniere.

L.

Non è appena però nella direzione dei loro movimenti che le orbite di questi corpi presentano un' analogia con quelle dei pianeti. Le loro inclinazioni, all'eccezione di una sola, sono comprese nei limiti di quelle dei pianeti. Le loro eccentricità, sebbene incomparabilmente maggiori di quelle dei pianeti, sono, come si vedrà fra poco, senza confronto più piccole di quelle di tutte le altre comete finora scoperte. Le loro distanze medie ed i periodi (all'eccezione delle ultime due delle tavole di cui ora abbiamo discorso) sono fra i limiti di quelli dei planetoidi.

Confrontando i numeri dati in questa tavola con quelli della tavola degli elementi delle altre comete ellittiche, e confrontando le figure delle lore orbite con quelle delle altre, appare visibilmente in qual alto grado le orbite di questo gruppo di comete posseggano il carattere planetario. Oltre il muoversi intorno al sole nella direzione comune, le loro inclinazioni, eccettuata una sola, sono comprese nei limiti di quelle dei pianeti. È vero che le loro eccentricità sono di un ordine di grandezza assai maggiore; ma d'altra parte si vedrà fra poco che sono incomparabilmente minori delle eccentricità delle altre comete periodiche finora scoperte. Le distanze medie ed i periodi le pongono in diretta analogìa coi planetoidi.

Per quanto sieno moderate le eccentricità in confronto di quelle delle altre comete, sono abbastanza grandi per imprimere alle orbite una forma decisamente ovale, e per produrre differenze considerevoli fra le distanze del perielio e dell'afelio, come apparirà dall'ispezione della tavola. Si scorge che mentre il perielio della cometa di Encke giace entro l'orbita di Mercurio, il suo afelio giace esternamente all'orbita del più lontano dei planetoidi ed entro e dappresso a quella di Giove. Il perielio della cometa di Biela, similmente, giace fra le orbite della terra e di Venere, mentre il suo afelio è esterno all'orbita di Giove. Nel caso della cometa di Faye, la meno eccentrica del gruppo, il perielio giace presso l'orbita di Marte e l'afelio esteriormente a quella di Giove.

Si deve aver presente che la forma ellittica di queste orbite non è stata verificata dalle osservazioni dei successivi passaggi al perielio che per le prime cinque comete della tavola. Gli elementi ellittici delle altre possono, per quanto consta finora, essere stati distrutti da cause perturbatrici.

I movimenti angolari alle distanze media ed estreme dal sole vennero calcolati colle formole:

$$a = \frac{1,296000}{365,25 \times P} \qquad a' = a \times \frac{a^2}{d'^2} \qquad a'' = a \times \frac{a^2}{d''^2}$$

dove a rappresenta la media velocità angolare, a' la massima ed a'' la minima: d' la distanza del perielio e d'' quella dell'afelio; P è il tempo periodico della cometa ed a la distanza media. Gli stessi numeri che esprimono questi movimenti angolari, esprimono anche in ogni caso le intensità della luce e del calore solare nelle varie posizioni della cometa, ed anche il movimento apparente del sole come sarebbe veduto della cometa; e se si paragonino questi numeri coi corrispondenti relativi a qualunque pianeta si chiarirà in maniera evidente quanto sieno differenti tra loro le condizioni fisiche che affettano queste due classi di corpi; e ciò si farà sempre più manifesto se si prendano in esame gli altri gruppi di comete.

Prendendo per esempio la cometa di Encke, si vede che mentre il suo moto diurno medio è 1076″, o 18′, il suo moto all'afelio è di soli 5′ ed al perielio di quasi 13°. La velocità al perielio, la luce ed il calore che vi riceve dal sole e il moto apparente del sole quale vi sarebbe veduto dalla cometa, sono dunque ciascuno 150 volte maggiori al perielio che non all'afelio.

3.° Comete ellittiche, le cui distanze medie sono quasi eguali a quella di Urano.

LI.

Si potrebbe credere che le comete moventisi in orbite ellittiche di piccole dimensioni, e in conseguenza di corto periodo, sieno state le prime in cui siasi scoperto il carattere della periodicità. La relativa frequenza dei loro ritorni a quelle posizioni presso al perielio, dove solo i corpi di questa classe sono visibili dalla terra, e la conseguente possibilità di verificare col fatto la periodicità, col riconoscere l'eguaglianza degli intervalli fra i loro successivi ritorni alle stesse posizioni eliocentriche, per tacere della forma ellittica più distinta degli archi delle orbite che cadono sotto l'immediata osservazione, darebbero molto fondamento a questa opinione; nondimeno in questo caso come in molti altri nel progresso delle sienze fisiche, i risultati reali delle osservazioni e delle ricerche furono direttamente contrarii a tal pre-

visione; essendo stato il più rimarchevole caso di una cometa di grande orbita, lungo periodo e raro ritorno, il primo di cui siasi scoperta la periodicità e gli ultimi quelli di piccole orbite a breve periodo e frequenti ritorni.

LII.

È evidente che l'idea della possibile esistenza di comete di periodo più breve di quello dei più rimoti pianeti e di orbite circoscritte nei limiti del sistema solare non occorse mai alla mente nè di Newton nè di altro dei suoi contemporanei o successori immediati.

Nel terzo libro dei suoi *Principii* egli definisce le comete come una specie di pianeti rivolgentisi in orbite ellittiche di forma molto ovale. Ma aggiunge: « lascio agli altri il determinare i diametri trasversi ed i periodi col confronto delle comete che ritornano *dopo lunghi intervalli di tempo* alle medesime orbite. »

È interessante il rimarcare l'avidità con cui le menti d'un certo ordine afferrano le generalizzazioni anche quando non sono che debolmente appoggiate ai fatti. Queste congetture di Newton furono poco dopo adottate da Voltaire; « Vi ha qualche apparenza » diceva egli in un saggio sulle comete, « che un giorno si conoscerà un certo numero di quegli altri pianeti che sotto il nome di comete girano come noi intorno al sole, ma non bisogna sperare che si abbia a conoscerli tutti. » E nuovamente altrove sullo stesso argomento:

« Comêtes, que l'on craint à l'égal du tonnerre,
Cessez d'épouvanter les peuples de la terre;
Dans une ellipse immense achevez votre cours,
Remontez, descendez prés de l'astre des jours!

(Comete, che siete temute quanto il tuono, cessate di spaventare i popoli della terra; compite il vostro corso in una immensa ellisse, risalite, discendete presso l'astro del giorno).

LIII.

Per quanto straordinarie possano essere parse allora queste congetture, in breve si realizzarono strettamente. Halley intraprese la fatica di esaminare le circostanze riguardanti tutte le comete previamente registrate colla mira di scoprire se alcune e quali di esse sembrassero seguire lo stesso viaggio. Egli trovò che una cometa che era stata osservata da lui, da Newton e dai loro contemporanei nel 1682 seguiva mentr'era visibile un andamento che coincideva

così prossimamente con quelli delle comete osservate nel 1607 e nel 1531 da rendere estremamente probabile che fossero una identica cometa moventesi in un'orbita ellittica di tali dimensioni che il suo ritorno al perielio dovesse ricorrere ad intervalli di 75 a 76 anni.

La cometa del 1682 venne bene osservata da La Hire, Picard, Hevelius, e Flamstead, le cui osservazioni fornirono tutti i dati necessarii per calcolarne l' orbita mentre era visibile. Quella del 1607 era stata osservata da Keplero e Longomontano e quella del 1531 da Pietro Apian ad Ingolstadt e le osservazioni erano in ambo i casi sufficienti per determinare l' orbita del corpo coll'accuratezza necessaria per determinarne l' identità.

LIV.

Halley non dubitò dell' identità di queste orbite mentre erano visibili a ciascuna delle apparizioni ed annunciò al mondo la scoperta del movimento ellittico delle comete come risultato dell' osservazione combinata col calcolo, stimandolo degno di molto maggior confidenza di qualunque altra conseguenza d' una legge fisica stabilita e predisse la riapparizione del corpo col suo successivo ritorno al perielio per il 1758-9. Egli osservò, però, che siccome negli intervalli fra il 1607 ed il 1692 la cometa era passata presso Giove, la sua velocità doveva essere stata accresciuta e quindi il suo periodo doveva essere stato accorciato dall' azione di quel pianeta. Essendo dunque stato questo periodo di soli settantacinque anni, egli ne inferì che il periodo seguente sarebbe di settantasei anni o più; e che in conseguenza non si doveva attendere la riapparizione della cometa prima della fine del 1758 o del principio del 1759. È impossibile di concepire una qualità di mente più invidiabile di quella che, nello stato della fisica matematica di allora, poteva condurre a tali predizioni. Lo stato imperfetto della scienza toglieva ad Halley la possibilità di dare una dimostrazione dell' avvenimento che prediceva. « Egli perciò, » dice M. Pontécoulant, « non poteva enunciare questi felici concetti di una mente sagace se non come pure percezioni intuitive, che sarebbero state ricevute come incerte, per quanto egli ne sentisse la verità, finchè avessero avuto la sanzione dalle operazioni d'un' analisi rigorosa ».

Le ricerche successive accrebbero forza alla predizione di Halley; poichè dalle antiche memorie degli osservatori risultò che nel 1456 e nel 1378 si erano vedute delle comete con elementi identici a quelli della cometa del 1682.

Fig. 26. — 7 *Febbr.* 1836. Fig. 28. — 16 *Febbr.* 1836.

La Cometa di Halley nell' allontanarsi dal sole nel 1836.

Capitolo Terzo.

L' apparizione della cometa del 1456 fu descritta dagli autori contemporanei come di un oggetto di « inudita grandezza; » era accompagnata da una coda di straordinaria lunghezza che si stendeva per

sessanta gradi (un terzo della vôlta celeste) e continuò ad essere visibile per tutto il Giugno. L'influenza che si attribuì a questa apparizione rende probabile che vi sia più o meno di esagerazione nei racconti che ne vennero fatti. La si considerò come un segno celeste del rapido successo di Maometto II che aveva presa Costantinopoli e colpita di terrore tutta la Cristianità.

La straordinaria lunghezza e lo straordinario fulgore che in quell'occasione si attribuì alla coda, indussero gli astronomi ad investigare le circostanze in cui sarebbero massimi il suo splendore e la sua grandezza, e risalendo il movimento della cometa fino al 1456, si trovò che realmente allora le circostanze della sua posizione rispetto alla terra ed al sole erano le più favorevoli alla grandezza ed allo splendore. Tanto i risultati dei calcoli astronomici ponno corroborare le memorie storiche!

LV.

Nell'intervallo di tre quarti di secolo che trascorse fra l'annuncio della predizione di Halley e la data del suo atteso adempimento si erano fatti grandi progressi nelle scienze matematiche; si erano inventatati nuovi e più perfetti metodi di ricerche e di calcolo; e la teoria della gravitazione venne seguita con attività e successo straordinario nelle sue conseguenze sulle vicendevoli perturbazioni che si producono nei movimenti dei pianeti e dei satelliti, le attrazioni delle masse le une sulle altre. All'avvicinarsi quindi dell'epoca del suo aspettato ritorno al perielio, il mondo scientifico risolse di svestire, per quanto si potesse, la predizione da quel carattere di indeterminazione che teneva necessariamente in forza dello stato imperfetto della scienza nell'epoca in cui venne fatta, e di calcolare esattamente gli effetti dei pianeti che avevano masse grandi a sufficienza per accelerarne o ritardarne il movimento quando passasse loro dappresso.

LVI.

Tale ricerca, che presentava grandi difficoltà matematiche ed importava un enorme lavoro numerico, venne intrapresa da Clairaut e Lalande; il primo, matematico e fisico che aveva già felicemente applicati i principj della gravitazione ai moti della luna, intraprese la parte analitica dell'investigazione, che consisteva nello stabilire certe formole algebriche che esprimessero le azioni perturbatrici esercitate dai pianeti sulle comete; e Lalande, eminente astronomo pra-

tico, intraprese la fatica delle calcolazioni numeriche, nelle quali venne ajutato da una Signora, Madame Lepaute, il cui nome divenne per tal modo celebre negli annali della scienza.

Ove si consideri che il periodo della cometa di Halley è di circa settantacinque anni, e che si doveva calcolare in tal maniera ogni porzione del suo corso, per due periodi successivi separatamente, si potrà formarsi qualche idea della fatica sostenuta da Lalande e da Madame Lepaute. « Per sei mesi, » dice Lalande, « noi calcolavamo dal mattino alla notte, talora anche nelle ore dei pasti; in conseguenza di che io incorsi in una malattia che alterò la mia complessione per il restante della mia vita. L'assistenza prestatami da Madame Lepaute fu tale, che senza di essa non avremmo mai osato di intraprendere quest'enorme lavoro, in cui ci era necessario di calcolare la distanza di ciascuno dei pianeti Giove e Saturno dalla cometa, e le loro attrazioni su di essa separatamente, per ogni grado successivo e per 150 anni. »

Il nome di Madame Lepaute non s'incontra nella memoria di Clairaut; soppressione che Lalande ascrive all'influenza esercitata da un'altra signora a cui Clairaut era affezionato. Lalande, però, cita delle lettere di Clairaut in cui questi parla con alta ammirazione della *savante calculatrice.* Le fatiche sostenute da questa signora nelle calcolazioni (poichè dessa ajutò Lalande anche nella costruzione delle sue « Effemeridi ») le indebolirono alfine la vista al punto che fu costretta a cessare. Ella morì nel 1788, mentre curava suo marito che si era impazzito. Vedasi l'articolo sulle comete del Prof. de Morgan nel *Companion to the British Almanac per l'anno* 1833.

Compiuti questi faticosi còmputi, Clairaut presentò il risultato dei loro lavori combinati all'Accademia delle Scienze di Parigi, in una memoria dove predisse il prossimo arrivo della cometa al perielio per il 18 Aprile 1759; data, però, che prima della riapparizione della cometa trovò ragione di cambiare nell'11 di Aprile e assegnò il corso che la cometa doveva seguire quando sarebbe visibile, coi seguenti dati:

Inclinazione	Longitudine del nodo	Longitudine del perielio	Distanza del perielio	Direzione
17° 37′	53° 50′	303° 10′	0. 58	Retrograda

LVII.

Enunciando la sua predizione, Clairaut aggiunse che l'epoca assegnata al prossimo perielio poteva differire dalla vera perfino di un mese; perchè indipendentemente da qualunque errore sia nel metodo,

sia nell' esecuzione dei calcoli, l' avvenimento poteva deviare più o meno dalla sua predetta occorrenza in causa dell' attrazione *di un pianeta non ancora scoperto del nostro sistema rivolgentesi esteriormente all' orbita di Saturno.* Ventidue anni dopo, una tale congettura era realizzata dalla scoperta che il fu sir William Herschel fece del pianeta Urano, il quale compie le sue rivoluzioni intorno al sole mille milioni di miglia al di là dell' orbita di Saturno.

LVIII.

Infine la cometa apparve nel Dicembre 1758, seguendo il corso predetto da Clairaut, che differiva pochissimo da quello tenuto nelle apparizioni precedenti. Passò al perielio il 13 di Marzo, a ventidue giorni dall' epoca assegnata da Clairaut ed entro i limiti possibili d' errore da esso lui indicati.

LIX.

Gli effetti generali di un pianeta nell'accelerare e nel ritardare il moto di una cometa si ponno intendere facilmente, quantunque i dettagli esatti delle perturbazioni sieno troppo complicati perchè possano essere esposti in questo luogo.

Rappresentino P, fig. 3, il luogo del pianeta perturbatore, e C quello della cometa. L'attrazione esercitata dal pianeta sulla cometa sarà una forza diretta da C a P, che, per il principio della composizione delle forze, equivale a due componenti, una C*m* nella direzione del corso della cometa, e l' altra C*n* perpendicolare alla prima. Quando il movimento della cometa sia diretto da C verso *m*, sarà accelerato, e quando sia diretto da C verso *m'*, sarà ritardato dalla componente dell' attrazione del pianeta che agisce nella direzione C*m*. L' altra componente che è normale alla trajettoria della cometa non ha direttamente effetto nè di accelerarne, nè di ritardarne il movimento.

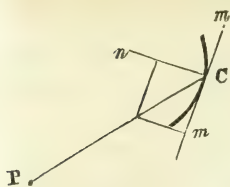



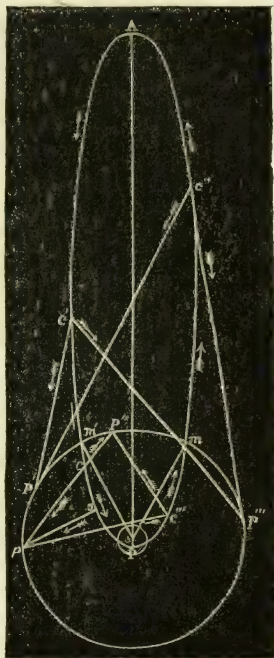
Fig. 3.

Si vede, dunque, in generale, che se la direzione C*m* del movimento della cometa farà un angolo acuto colla retta C P condotta al pianeta, l'attrazione di questo la accelererà; e se la sua direzione C*m'* farà un angolo ottuso colla retta C P, la ritarderà.

Ciò premesso, si può comprendere facilmente l' influenza perturbatrice di un pianeta come Giove e Saturno su di una cometa come

quella di Halley. La fig. 4 rappresenta nelle giuste proporzioni l'orbita della cometa in A c P c', dove A P è l'asse maggiore, P il luogo del perielio, A quello dell'afelio ed S quello del fuoco in cui si trova il sole. Il piccolo cerchio descritto intorno ad S figura nelle giuste proporzioni l'orbita della terra, la cui distanza è quasi doppia di quella della cometa al perielio. Il cerchio pp' p'' rappresenta nella giusta proporzione l'orbita di Giove che nella spiegazione riguarderemo come il pianeta perturbatore.

Fig. 4.

Dalla semplice ispezione della figura, si scorgerà che le rette tirate dal pianeta in qualunque posizione si trovi, a qualunque punto del corso della cometa fra l'afelio A ed il punto m' dove incontra l'orbita del pianeta nell'avvicinarsi al sole, formano un angolo acuto colla direzione del movimento della cometa; e che in conseguenza la cometa sarà accelerata dall'azione del pianeta. Similmente si scorge che le rette condotte da qualunque punto del corso della cometa tra m e l'afelio A, faranno angoli ottusi colla direzione del moto della cometa e che perciò la cometa verrà rallentata dall'influenza del pianeta nello scostarsi dal sole da m verso A.

In quella parte del corso della cometa che è compresa nell'orbita del pianeta, l'azione di questo l'accelera e la rallenta alternativamente, a norma delle loro posizioni relative. Supposto il pianeta in p, si immagini condotta po in direzione ortogonale al cammino della cometa. Fra m' ed o l'azione del pianeta in p, accelererà la cometa, e la ritarderà dopo che questa avrà oltrepassato o. Similmente se il pianeta è in p'', rallenterà dapprima la cometa che si muove da m' per P verso A, e seguiterà a farlo finchè la linea di direzione diverrà perpendicolare al moto della cometa dopo di che la accelererà.

Si vede quindi, che, durante il periodo della cometa, l'azione perturbatrice del pianeta è soggetta a parecchi cambiamenti di direzione, dipendenti in parte dal variare la posizione della cometa e in parte dal variare di quella del pianeta e che l'effetto totale

dell'influenza perturbatrice del pianeta sul periodo della cometa si trova col prendere la differenza tra le somme complessive delle azioni acceleratrici e delle ritardatrici.

Nel caso del pianeta Giove e della cometa di Halley, il primo fa quasi sette intere rivoluzioni durante un solo periodo della cometa in conseguenza di che la sua azione perturbatrice non solo cangia parecchie volte di direzione, ma soggiace anche a continua variazione d'intensità per il variarsi della sua distanza dalla cometa.

Per quanto sia piccolo l'arco *m'* P *m* del corso della cometa compreso nell'orbita di Giove, la frazione del periodo in cui quest'arco è percorso dalla cometa, è molto più piccola, come sarà manifesto applicando il principio delle aree proporzionali a questo caso. Il tempo impiegato dalla cometa a percorrere l'arco *m'*P*m* sta all'intero periodo in quella stessa ragione in cui l'area contenuta fra l'arco *m'*P*m* e le rette *m'*S ed *m*S stà all'area intera dell'ellisse A P.

Per semplicità di spiegazione, si è qui supposto che l'orbita della cometa si trovi nello stesso piano di quella del pianeta influenzante. Se così non fosse, l'azione perturbatrice darebbe un'altra componente perpendicolare al piano dell'orbita della cometa che tenderebbe a variarne l'inclinazione.

LX.

Il risultato della ricerca di Clairaud, mostrava che l'effetto totale delle perturbazioni di Giove e di Saturno sulla cometa di Halley fra i suoi perielii nel 1682 e nel 1759 era di accrescere il periodo di 618 giorni in paragone della durata delle rivoluzioni precedenti, e che di questo incremento 100 giorni erano dovuti all'influenza di Saturno e 518 a quella di Giove.

Clairaud non tenne conto della perturbazione della terra, che non era affatto trascurabile, e non poteva occuparsi di quelle dei pianeti Urano e Nettuno che non erano ancora scoperti. Gli effetti delle azioni degli altri pianeti Marte, Venere, Mercurio e dei planetoidi in questi casi sono insignificanti.

LXI.

Nel lasso di tre quarti di secolo che precedette la prossima riapparizione della cometa, la scienza continuò a progredire e gli strumenti d'osservazione ed i principii ed i metodi di ricerca a mag-

giormente perfezionarsi; sopratutto, si accrebbe di molto il numero degli osservatori. Prima dell' epoca del suo ritorno nel 1835, i suoi movimenti e gli effetti prodotti su di esse dall' influenza perturbatrice dei varii pianeti, vennero calcolati dai Signori Damoiseau, Pontécoulant, Rosenberger e Lehmann, ciascuno dei quali separatamente ne predisse l' arrivo al perielio:

Damoiseau	per il 4	Nov.	1835	Rosenberger	per l' 11	Nov.	1835
Pontécoulant	» 7	»	»	Lehmann	» 26	»	»

LXII.

Queste predizioni vennero pubblicate tutte prima del Luglio 1835. La cometa fu veduta a Roma il 25 d' Agosto, in una posizione a meno *d' un grado* di distanza dal luogo assegnatole per questo giorno nelle Effemeridi di Rosenberger. Il 20 di Agosto divenne visibile per tutti gli osservatori e seguitò, con pochissima deviazione, il corso che le era stato assegnato nelle effemeridi, arrivando al perielio il 16 di Novembre, epoca che è press' a poco la media fra le quattro indicate dalle predizioni.

Dopo di che, passando al sud dell' equatore, non fu più visibile nelle latitudini settentrionali, ma continuò ad esserlo nell' emisfero australe fino al 5 Maggio 1836, in cui scomparve definitivamente per non ritornare più fino all' anno 1911.

LXIII.

Una Tavola sinottica degli elementi dell' orbita di questa cometa dedotta dalle osservazioni fatte in ciascuno dei suoi sette successivi ritorni al perielio dal 1378 al 1835 inclusivo, si può vedere nel mio *Manuale di Astronomia.*

Ne risulta che la distanza media della cometa è quasi diciotto volte quella della terra, ed è quindi poco minore della distanza media di Urano. Quando è al perielio la sua distanza dal sole è circa metà di quella della terra, e quando è all' afelio è più di trentacinque volte la distanza della terra, e perciò più di settanta volte quella del suo perielio.

LXIV.

Il 20 Luglio 1812, una cometa fu scoperta da M. Pons ed essendone stata calcolata l' orbita dal Professore Enke, la si trovò un' ellisse

di tali dimensioni da importare un periodo di 75 anni e mezzo, come quello della cometa di Halley.

LXV.

Il 6 Marzo 1815, il Dr. Olbers scoperse a Brema una cometa, la cui orbita, calcolata dal Professor Bessel, risultò un'ellisse col periodo di 74 anni. Il prossimo passaggio di questa cometa al perielio è predetta per il 9 Febbrajo 1887.

LXVI.

Il 28 Febbrajo 1846, il Sig. De Vico scoprì a Roma una cometa la cui orbita, calcolata dai sigg. Van Deinse e Pierce, apparve essere un' ellisse col periodo di 72 a 73 anni.

LXVII.

Un'altra cometa fu scoperta dal Sig. Brorsen ad Altona il 20 Luglio 1847, e la sua orbita, calcolata dal Sig. d' Arrest, risultò un'ellisse con un periodo di 75 anni.

LXVIII.

Il 27 Giugno 1852 una cometa fu scoperta dal Sig. Westphal a Gottinga ed osservata subito dopo dal Sig. Peters a Costantinopoli. Il calcolo della sua orbita indicò un' ellisse col periodo di circa 70 anni.

LXIX.

Nel mio *Manuale d' Astronomia* si può vedere una tavola sinottica contenente i dati necessarj per determinare i movimenti di queste sei comete.

LXX.

La fig. 5 (pag. 107) presenta un quadro delle orbite riportate ad un piano comune, e disegnato dietro la scala indicata. Questa figura mostra, in maniera abbastanza esatta per la spiegazione, le grandezze relative e le forme delle sei orbite, come pure le direzioni dei loro diversi assi relativamente a quello del primo punto dell' Ariete.

LXXI.

Paragonando gli elementi esposti nella tavola suddetta, e le forme e le grandezze dell'orbite mostrate nella figura, con quelle del primo gruppo di comete ellittiche dato nella tavola III al Cap. XVIII del mio *Manuale di Astronomia* e delineato nella fig. 2 (pag. 240) si vedrà che i caratteri planetarj segnati in questo gruppo sono quasi distrutti. Cinque delle sei comete del secondo gruppo girano nella direzione comune dei pianeti e questo è il solo carattere planetario osservabile in esse. Le inclinazioni, non più limitate a quelle delle orbite planetarie, variano da 18° a 74°. Le eccentricità sono tutte così estreme che l' arco d' orbita presso al perielio s' avvicina moltissimo alla forma parabolica, ed il corpo più rimarcabile del gruppo, la cometa di Halley, gira in direzione opposta a quella comune dei pianeti.

Ma è specialmente nella forma di ovale allungata delle loro orbite che le comete di questo gruppo differiscono non solo dai pianeti, ma anche da quelle del primo gruppo. Mentre i loro perielj sono a distanze dal sole, fra quelle di Marte e di Mercurio, gli afelj sono da due a cinquecento milioni di miglia fuori dell' orbita di Nettuno. Così la cometa di Halley, per esempio, al perielio, ha una distanza minore di quella di Venere, ma all' afelio la sua distanza eccede quella di Nettuno di uno spazio maggiore della distanza di Giove dal sole. La media velocità angolare della cometa è quasi eguale a quella di Urano, ma la sua velocità angolare al perielio è tripla di quella di Mercurio ed all' afelio è poco più di metà di quella di Nettuno.

Le variazioni corrispondenti di luce e di calore solare e della grandezza apparente e dei moti del sole, veduto dalla cometa, se ne ponno di leggieri inferire.

4.° *Comete ellittiche la cui distanza media eccede i limiti del Sistema Solare.*

LXXII.

Sebbene la periodicità di questa classe di comete non sia stata stabilita in nessun caso da osservazioni fatte sui loro successivi ritorni al perielio, pure le osservazioni instituite su di esse durante

un solo passaggio al perielio indicavano un arco della loro orbita, di forma ellittica così pronunciata, da fornire ai calcolatori ed ai matematici i dati necessarj per ottenere, con maggiore o minore approssimazione, il valore dell'eccentricità il quale, congiuntamente alla distanza perielia, dà la forma e la grandezza dell'orbita della cometa.

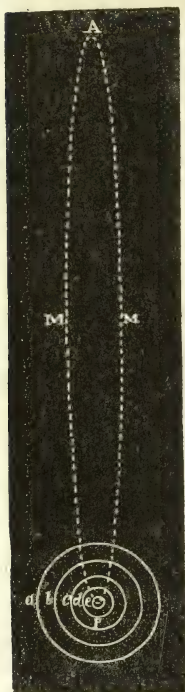
Per mezzo di calcoli condotti in questa maniera, ed applicati alle osservazioni eseguite su varie comete apparse fino dallo scorcio del secolo decimosettimo, venne assegnata l'orbita ellittica di ventuno di questi corpi, i quali si trovano disposti nell'ordine della data del loro passaggio al perielio in una tavola del mio *Manuale di Astronomia.*

Di questo gruppo la meno eccentrica è quella segnata col num. 15 che passò al perielio nel 1840. Questa cometa venne scoperta a

Fig. 6.

Berlino dal Sig. Bremiker e la sua orbita venne calcolata da Götze, risultando un'ellisse cogli elementi esposti nella tavola, soggetti ad un errore non eccedente $\frac{1}{64}$ del valore assegnato alla media distanza. L'eccentricità e quindi la forma dell'orbita è simile a quella di Halley ma l'asse maggiore ne è più grande 2 volte e $\frac{2}{3}$ ed il periodo quasi cinque volte. La sua distanza perielia eguaglia quella di Marte, e la distanza afelia è più che tripla della distanza di Nettuno.

La cometa *n, b,* che passò al perielio nel 1793, ha, secondo i calcoli di d'Arrest, un'orbita presso che eguale di forma e di grandezza, come si vedrà confrontando i numeri registrati nella tavola. Però la valutazione di questi elementi soggiace a maggior incertezza. Le comete che più si accostarono al sole furono le grandi comete del 1680 e del 1843, num. 1 e 16 della tavola, memorabili entrambe per la straordinaria grandezza e per lo splendore.

Gli elementi di quella del 1680 dati nella tavola, sono quelli che risultarono dai calcoli del Professore Encke, basati su tutte le osservazioni della cometa di cui si tenne memoria. Gli elementi di quella del 1843 risultarono da calcoli del Sig. Hubbard. Tanto i primi che i secondi soggiacciono a molta incertezza e si vogliono ricevere soltanto come le migliori approssimazioni possibili.

Ciò che non soggiace per altro alla medesima ambiguità è la straordinaria prossimità di questi corpi al sole nei rispettivi passaggi al perielio. La distanza perielia della cometa del 1680 fu di circa 576,000 miglia, e di quella del 1843, 538,000 miglia: Ora, il semidiametro del sole essendo di 441,000 miglia, ne segue che le distanze rispettive dei centri delle due comete al perielio devono essere state di sole 235,000 e 97,000 miglia: cosicchè se il semidiametro dell' involucro nebuloso di una di esse avesse superato questa distanza, quella avrebbe dovuto rasentare effettivamente il sole.

La velocità del moto di questi corpi al perielio come risulta dalla tavola è tale che la cometa del 1680 avrebbe girato attorno al sole in un minuto e quella del 1843 in poco meno di due minuti, purchè conservassero inalterata la loro velocità angolare.

La distanza a cui si porta all'afelio la cometa del 1680 è 28 volte e $\frac{1}{2}$ maggiore di quella di Nettuno. Il diametro apparente del sole a questa distanza deve essere di 2″ e l'intensità della sua luce e del suo calore 730,000 volte minore che sulla terra; mentre che la loro intensità alla distanza perielia ne sarebbe 26,000 volte più grande e così la luce ed il calore che la cometa ne riceve all'afelio sarebbe $26000 \times 730000 = 18980$ milioni di volte minore che al perielio.

Le maggiori distanze afelie della tavola sono quelle dei num. 5, 13 e 17 cioè delle comete del 1780, 1830 e 1844, e sono dalle 100 alle 140 volte la distanza di Nettuno; le eccentricità ne differiscono dell' unità di meno di $\frac{1}{1000}$. Queste orbite, sebbene ottenute rigorosamente dal calcolo, si devono considerare come soggette a considerabile incertezza.

LXXIII.

Per offrire un' idea della forma delle orbite delle comete di questo gruppo e della proporzione fra le loro grandezze e le dimensioni dal sistema solare, nella fig. 6 si è tracciata un' ellisse che si può riguardare come rappresentatrice della forma delle orbite delle comete num. 15, 6, 9, 12 e 1 della tavola VI del mio *Manuale di Astronomia.*

Ritenuto che l' ellisse rappresenti successivamente le orbite delle comete num. 15, 6, 9, 12 e 1, l'orbita di Nettuno sarà rappresentata nella medesima scala nel primo caso dal cerchio *a*, nel secondo dal cerchio *b*, nel terzo da *c* nel quarto da *d* e nel quinto da *e*.

5.° *Comete iperboliche.*

LXXIV.

In una tavola del mio *Manuale d'Astronomia* sono esposti gli elementi di sette comete, le quali, dietro i risultati dei calcoli istituiti sulle loro osservazioni, traversarono il sistema in orbite iperboliche.

6.° *Comete paraboliche.*

LXXV.

Di tutte le altre comete che si videro in cielo e che furono menzionate nella storia, cento e sessanta vennero osservate con sufficiente precisione perchè gli astronomi ne potessero determinare, con più o meno di approssimazione, le orbite paraboliche. Nel capitolo decimottavo del mio *Manuale di Astronomia* si trovano in una tavola i loro elementi colle date loro apparizioni.

7.° *Costituzione fisica delle Comete.*

LXXVI.

Le comete in generale, e specialmente quelle visibili senza telescopio, presentano l'apparenza di una massa rotonda di vapore illuminato o di materia nebulosa a cui spesso, quantunque non sempre, è attaccata un'appendice più o meno estesa composta di materia di simile apparenza. La prima si chiama il *capo* o la *testa* e l'altra la *coda* della cometa.

LXXVII.

L'illuminazione della testa non è uniforme. Talora nella materia nebulosa che la costituisce si vede una brillante macchia centrale: questa chiamasi il *nucleo*.

Il nucleo appare talvolta come un brillante punto stellare, e tal altra presenta l'aspetto di un disco planetario veduto traverso di una nebbia. In generale, però, se si esamina l'oggetto con potenti strumenti ottici, si cambiano queste apparenze e l'oggetto appare non altro che una massa di vapore illuminata dai bordi al centro.

LXXVIII.

Quando sia apparente o si supponga apparente il nucleo, la nebulosità che lo circonda e forma la parte esteriore del capo si denomina *chioma*.

LXXIX.

Queste denominazioni sono tolte dal vocabolo greco κομή (komé) *capelli*, supponendo che la materia nebulosa che forma la chioma e la coda somigli ad una capelliera e dando quindi all' oggetto il nome di κομήτης (kométes), *stella chiomata*.

LXXX.

Siccome la lucentezza della chioma sfuma gradatamente verso i margini, è impossibile di determinarne le vere dimensioni con una certa qual precisione. Queste, però, soggiacciono manifestamente ad enormi variazioni non solo se si confrontino l' una coll' altra differenti comete, ma anche in una stessa cometa e nel tempo d' un medesimo passaggio al perielio. La più grande di quelle che vennero sottoposte ad una misura micrometrica fu la gran cometa del 1811, di cui si trovò il diametro della testa non minore di un milione ed un ottavo di miglia, ciò che corrisponde ad un volume quasi doppio di quello del sole. Il diametro della testa della cometa di Halley, nel dipartirsi del sole nel 1836, misurava 357,000 miglia, corrispondendo ad un volume maggiore di più che sessanta volte di quello di Giove. Queste però sono le massime dimensioni osservate in questa classe di oggetti, il cui diametro sorpassa di rado 200,000 miglia ed è in generale minore di 100,000.

LXXXI.

Quando erano percettibili dei nuclei si fecero dei tentativi di valutarne la grandezza, ed i diametri loro assegnati variano da 100 a 500 miglia. Però, per le ragioni suesposte, questi risultati si devono ritenere assai incerti.

Coloro che negano l' esistenza di materia solida entro la chioma, pretendono che anche i più brillanti e cospicui fra questi corpi, e quelli che hanno presentata la più forte somiglianza coi pianeti,

sieno più o meno trasparenti. Si potrebbe credere che in un'epoca di tanta attività astronomica, non possa restare dubbio sopra un fatto così semplice; ma si deve considerare che occorre raramente quella combinazione di circostanze che sola potrebbe chiarire tale questione. Sarebbe necessario che il centro della testa della cometa, quantunque piccolissima, passasse esattamente sopra una stella, per verificare se questa fosse visibile dietro di essa. Nelle comete a chioma estesa senza nucleo, questo è avvenuto qualche volta ma non si ebbero mai esempii altrettanto soddisfacenti nei più rari casi di quelle a nucleo distinto.

Nella mancanza di un mezzo più decisivo di verificare l'occultazione di stelle dietro il nucleo, si sostenne che si possa facilmente inferire l'esistenza di un nucleo solido dal grande splendore che accompagnò l'apparizione di alcune comete. Una semplice massa di vapore non potrebbe, così si pretende, riflettere una luce tanto brillante. I seguenti esempii sono addotti da Arago:

« Nell'anno 43 prima di Cristo, apparve una cometa che si disse visibile ad occhio nudo anche di giorno. È la cometa che i Romani riguardavano come l'anima di Cesare trasportata in cielo, dopo che era stato assassinato.

« Nell'anno 1402 si ricordano due comete rimarchevoli. La prima era così brillante che la luce solare a mezzogiorno, alla fine di Marzo, non impediva di vederne il nucleo ed anche la coda. La seconda apparve nel mese di Giugno ed era visibile anch'essa per un tempo considerabile innanzi il tramonto.

« Nell'anno 1532, il popolo Milanese fu messo in allarme dall'apparizione d'una stella visibile nella chiara luce solare. In quel tempo Venere non era in posizione da essere visibile, in conseguenza di che si conchiude che quella stella debba essere stata una cometa.

« La cometa del 1577 fu scoperta il 13 Novembre da Ticone Brahe, dal suo Osservatorio dell'Isola di Huene nel Sund, prima del tramonto.

« Il 1° di Febbrajo 1744, Chizeaux osservò una cometa più lucente della stella più brillante del firmamento, che acquistò presto uno splendore eguale a quello di Giove, ed al principio di Marzo era visibile in presenza del sole. Scelto un luogo conveniente all'osservazione, la si vedeva al 1° Marzo alla una dopo mezzogiorno senza telescopio. »

Tale è il valore degli argomenti forniti dalle osservazioni circa l'esistenza di un nucleo solido. Il più che se ne possa dire è che

presentano un argomento plausibile di una qualche probabilità, non già della positiva certezza, che il nostro sistema sia stato visitato da comete a nucleo solido; proprietà che nondimeno si può attribuire soltanto a poche, perchè la maggior parte di quelle che sono state vedute, e tutte quelle su cui si dissero le più accurate osservazioni, diedero prova di non essere che pure masse di materia semitrasparente.

LXXXII.

Sebbene la gran maggioranza delle comete non sia dotata di coda, pure quest'appendice, nell'opinione popolare, è più inseparabile dall'idea di cometa che non qualunque altro attributo di simili corpi. Ciò deriva dal suo aspetto singolare e sorprendente e dal fatto che la maggior parte delle comete visibili ad occhio nudo ebbero code. Nell'anno 1531, nell'occasione di una delle visite della cometa di Halley al sistema solare, Pietro Apian osservò che la cometa volgeva generalmente la coda nella direzione opposta a quella del sole.

Questo principio fu prestamente generalizzato ed anche al presente è adottato troppo generalmente. È vero che nella maggior parte dei casi, la coda si stende dalla parte della cometa che è più remota dal sole; ma ben di rado la sua direzione corrisponde a quella che avrebbe l'ombra della cometa. Qualche volta accadde che la coda formasse un angolo considerevole colla retta condotta dalla cometa al sole, e in qualche caso fu realmente perpendicolare questa retta.

Un altro carattere che venne riguardato come inerente alle code delle comete, sebbene anch'esso però non sia invariabile, è che sieno di continuo inclinate verso la regione ultimamente lasciata dalla cometa, quasichè nel suo movimento traverso lo spazio, essa fosse soggetta all'azione di qualche mezzo resistente, e la materia vaporosa in cui è avvolta, soffrendo maggior resistenza del nucleo solido, rimanesse indietro formando la coda.

Qualche volta la coda è fatta a curva. Quella della cometa del 1744 formava quasi un quarto di periferia. Si suppone che la convessità della curva, quando esista, sia volta alla direzione da cui muove la cometa. È però bene di osservare che queste circostanze risguardanti le code delle comete non sono state verificate in maniera chiara e soddisfacente.

Le code delle comete non sono di larghezza o di diametro uni-

forme; sembra che divergano dalla cometa, crescendo di larghezza e decrescendo di splendore quanto più si allontanano dalla cometa. Il mezzo della coda presenta d'ordinario una striscia scura che la divide per il lungo in due parti distinte. Si suppose per molto tempo che questa striscia oscura fosse l'ombra del corpo della cometa; spiegazione che si potrebbe accettare se la coda fosse sempre volta oppostamente al sole; ma si trova che la striscia oscura esiste egualmente anche quando la coda essendo laterale è esposta all'effetto della luce solare.

D'ordinario si spiega questa apparenza coll'ipotesi che la coda sia un guscio cavo e conico di vapore, la cui superficie esterna abbia un certo spessore. Osservandola, lo sguardo incontra uno spessore di vapore considerabile verso i margini ed uno spessore comparativamente piccolo verso il mezzo. Così colla supposizione di un cono cavo, si renderebbe perfettamente ragione della massima fulgidezza laterale e dello spazio oscuro esistente nel mezzo.

Le code delle comete non sono sempre semplici: in diverse epoche ne apparvero parecchie con varie code separate. La cometa del 1744, che apparve dal 7 all' 8 di Marzo, aveva sei code, ciascuna della larghezza di 4° e della lunghezza da 30° a 44°. I loro contorni erano ben definiti e passabilmente chiari, e gli spazii fra esse erano scuri quanto le altre parti del cielo.

Le code delle comete apparvero frequentemente non solo di immensa lunghezza reale ma distese sopra una parte considerabile del cielo. Si capirà facilmente che la lunghezza apparente dipende insieme dalla lunghezza effettiva della coda, e dalla posizione in cui è presentata all'occhio. Se la visuale le è perpendicolare, la sua lunghezza apparirà nella propria grandezza diminuita solo in ragione della distanza; se è obliqua all'occhio, sarà invece più o meno accorciata, secondo l'angolo dell'obliquità. La vera lunghezza della coda si calcola facilmente osservando la lunghezza apparente e conoscendo l'angolo dell'obliquità.

Quanto alla grandezza, le code sono senza dubbio gli oggetti più stupendi che le scoperte astronomiche abbiano presentato all'umana contemplazione.

I seguenti sono i risultati dell'osservazione e delle misure di poche fra le più rimarchevoli.

Tavole	Numero	Data dell' apparizione	Massima lunghezza della coda osservata
			miglia
VIII	148	1847	5000000
—	73	1744	19000000
VI	4	1769	40000000
VIII	46	1618	50000000
VI	1	1680	100000000
—	8	1811	100000000
—	9	1811	130000000
—	16	1843	200000000

La grandezza di queste prodigiose appendici è ancora meno imponente della brevità del tempo in cui talvolta emanano dalla testa. La coda della cometa del 1843 lunga di tanto da espandersi dal sole ai planetoidi, si formò in meno di venti giorni.

LXXXIII.

Le masse delle comete, si potrebbero determinare come quelle dei pianeti, se si potessero osservare gli effetti reciproci della loro gravitazione e qualche corpo conosciuto del sistema. Ma quantunque sia distinta l'influenza perturbatrice dei pianeti su questi corpi e ne sieno stati calcolati ed osservati gli effetti, non si è mai constatato che esse abbiano prodotto il più debole effetto di questo genere, anche sui più piccoli corpi del sistema e su quelli a cui le comete sono maggiormente avvicinate.

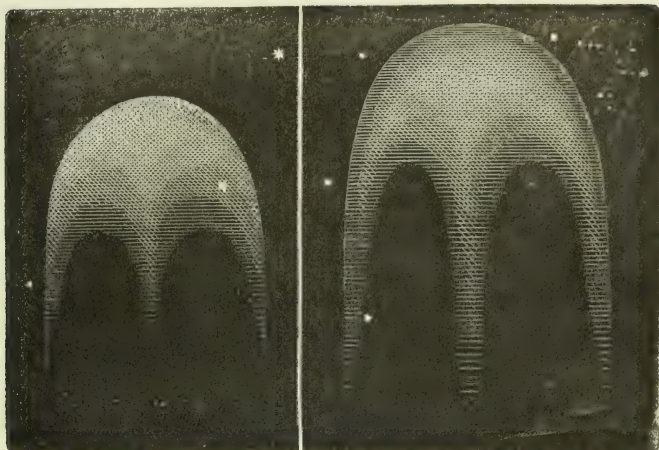
Insomma, malgrado il numero enorme di comete osservate e non osservate che traversano continuamente il sistema solare in tutte le direzioni imaginabili, malgrado le rivoluzioni permanenti delle comete periodiche di cui si conoscono l'esistenza e le orbite; malgrado le frequenti visite di comete che penetrano così addentro il sistema da toccare quasi la superficie del sole nel loro perielio, i movimenti dei varii corpi del sistema, grandi e piccoli, pianeti maggiori e minori, planetoidi e satelliti, seguitano il loro cammino precisamente come se non si fossero avvicinati a loro dei corpi come sono le comete, non si può scoprire il più piccolo effetto dell'attrazione di questi visitatori.

Ora siccome, dall'altra parte, gli effetti di perturbazione dei pianeti sulle comete sono manifesti all'evidenza, e siccome le comete

si muovono in orbite ellittiche, paraboliche od iperboliche, aventi un foco comune nel sole, è dimostrato che questi corpi sono composti di materia ponderabile soggetta a tutte le conseguenze della legge di gravitazione. Non si può quindi dubitare che le comete producano un'azione perturbatrice sui pianeti, quantunque gli effetti non ne sieno apprezzabili anche colla più esatta osservazione. Siccome però le vicendevoli perturbazioni sono in ragione delle masse perturbatrici, ne consegue che le masse delle comete hanno ad essere incalcolabilmente più piccole, anche delle masse dei più piccoli tra i pianeti primarii o secondarii.

I volumi delle comete in generale superano quelli dei pianeti in una proporzione quasi altrettanto grande di quella in cui le masse di questi superano le loro. La conseguenza ovvia di ciò, è che le densità delle comete siano incalcolabilmente piccole.

Le loro densità sono probabilmente migliaja di volte minori di quella dell'atmosfera nello strato contiguo alla superficie della Terra.

Fig. 27. — 10 *Febbrajo* 1836. Fig. 29. — 23 *Febbrajo* 1836.

(La cometa di Halley nel dipartirsi dal sole nel 1836).

Capitolo quarto.

LXXXIV. Luce delle comete. — **LXXXV**. Incremento di grandezza al dipartirsi dal sole. — **LXXXVI**. Disegni della cometa di Encke, fatti dal professor Struve. — **LXXXVII**. Rimarchevoli fenomeni fisici manifestati dalla cometa di Halley. — **LXXXVIII**. Figura della cometa nell' avvicinarsi al sole nel 1835, disegnata dal professor Struve. — **LXXXIX**. Suo aspetto nel 29 settembre. — **XC**. Aspetto nel 3 di ottobre. — **XCI**. Aspetto al 6 di ottobre. — **XCII**. Aspetto al 9 di ottobre. — **XCIII**. Aspetto al 10 di ottobre. — **XCIV**. Aspetto al 12 di ottobre. — **XCV**. Aspetto al 14 di ottobre. — **XCVI**. Aspetto al 29 di ottobre. — **XCVII**. Aspetto al 5 di novembre. — **XCVIII**. Deduzioni di sir Giovanni Herschel da questi fenomeni. — **XCIX**. Aspetto della cometa dopo il perielio. — **C**. Osservazioni e disegni dei signori Maclear e Smith. — **CI**. Aspetto nel 24 gennajo. — **CII**. Aspetto al 25 di gennajo. — **CIII**. Aspetto al 26 gennajo. — **CIV**. Aspetto al 27 di gennajo. — **CV**. Aspetto al 28 di gennajo. — **CVI**. Aspetto al 30 di gennajo. — **CVII**. Aspetto al 1 di febbrajo. — **CVIII**. Aspetto al 7 di febbrajo. — **CIX**. Aspetto al 10 di febbrajo. — **CX**. Aspetto al 16 ed al 23 di febbrajo. — **CXI**. Numero delle comete. — **CXII**. Durata dell' apparizione delle comete. — **CXIII**. Avvicinamento delle comete alla terra.

LXXXIV.

Che i pianeti non sieno luminosi per sè stessi, ma ricevano la luce dal sole, è dimostrato dalle loro fasi e dalle ombre che projettano sui loro satelliti, quando siano frapposti tra questi ed il sole. Ora queste prove non sono applicabili alle comete. Queste non pre-

sentano fasi e non sono seguite da corpi da cui possano intercettare la luce solare. Ma, a meno che non si possa dimostrare che una cometa sia una massa solida impenetrabile ai raggi solari, la mancanza delle fasi non prova che un tal corpo non riceva la luce dal sole.

Una semplice massa nuvolosa o vaporosa, sebbene non fosse luminosa ma resa visibile da luce avuta ad imprestito, non presenterebbe effetti di questo genere: la sua opacità imperfetta permetterebbe alla luce solare di agire sulle sue parti costituenti per tutto il suo spessore; cosicchè, come una sottile nube fioccosa, non sembrerebbe che fosse rischiarata superficialmente, ma che ricevesse e riflettesse la luce lungo tutte le sue dimensioni. Il dubbio che, dunque, esisteva, rispetto alle comete, era se la luce irradiata da esse e che ce le rende visibili, fosse loro propria o quella del sole splendente su di loro e riflessa verso i nostri occhi, come la luce d'una nuvola. Fra i varii generi di prova, proposti a decidere una tale quistione, merita attenzione uno che fu suggerito da Arago.

Nel trattato sull'*occhio* (43) si dimostra che la chiarezza apparente d'un oggetto visibile è la stessa a tutte le distanze, quando rimanga inalterata la sua chiarezza reale. Ora se le comete brillassero di luce propria e non di luce ricevuta dal sole, la loro chiarezza apparente non diminuirebbe al loro allontanarsi dal sole, e cesserebbero d'essere visibili non in causa della debolezza della loro luce, ma a motivo della piccolezza della loro grandezza apparente. Ma si trova che avviene l'opposto. Di mano in mano che la cometa si dilunga dal sole, la sua chiarezza apparente scema rapidamente e cessa di essere visibile per la sola debolezza della sua luce, mentre sottende ancora un angolo visuale considerabile.

LXXXV.

Recherà senza dubbio sorpresa il fatto che le dimensioni d'una cometa crescono mentre si allontana dalla sorgente del calore. Si è spesso rimarcato nelle ricerche astronomiche che gli effetti che a primo aspetto sembravano i più improbabili, sono ciò non ostante quelli che si dimostrano veri più di frequente: e così avviene anche in questo caso. Si credette per lungo tempo che le comete si dilatassero avvicinandosi al sole; e questo effetto supposto si attribuiva naturalmente e con probabilità al calore del sole che ne ingrandisse le dimensioni. Ma osservazioni più recenti e più esatte dimostrarono che ha luogo precisamente il contrario. Le comete aumen-

tano di volume apparente nel dilungarsi dal sole: e a questa legge non sembra che vi sia eccezione ben constatata. Si cercò di spiegare in varie maniere questo fenomeno singolare ed inatteso. Valz lo faceva dipendere dalla pressione dell'atmosfera solare operante sulla cometa: quest'atmosfera essendo più densa presso al sole, comprimerebbe la cometa, diminuendone le dimensioni; ed, a maggiori distanze, trovandosi sollevata da questa compressione, il corpo riprenderebbe il suo volume naturale. A sostegno di questa teoria si fecero dei raziocinii ingegnosissimi. Assunte la densità dell'atmosfera solare, e l'elasticità della cometa, quali si possono naturalmente presumere, le variazioni di volume della cometa se ne deducono per via di raziocinio rigoroso e si trovano in sorprendente coincidenza coi cambiamenti osservati nelle dimensioni. Ma questa ipotesi è rovinata da un abiezione fatale, che deriva dalla supposizione che la cometa sia formata da un gas elastico o da un vapore e che sia impenetrabile all'atmosfera solare in cui si muove. Per stabilire questa teoria, bisognerebbe supporre che il fluido elastico, costituente la cometa, sia avvolto in una *falda* od involucro elastico quanto il fluido e, di più, affatto impenetrabile dall'atmosfera solare.

Vennero proposte e successivamente rigettate varie ipotesi ingegnose per spiegare questo fenomeno, ma ora sembra che si convenga nell'ascriverlo all'azione della temperatura variabile a cui è esposto il vapore componente l'inviluppo nebuloso. Quando la cometa appressa al sole, il vapore è convertito dall'intenso calore in un fluido elastico puro, trasparente e perciò invisibile. Allontanandosi dal sole, e diminuendo la temperatura, si condensa parzialmente e gradatamente, ed assume la forma di una nube visibile semitrasparente, come avviene del vapore che sfugge dalla valvola d'una caldaja. Diventa sempre più voluminoso quanto più cresce la sua distanza dalla sorgente del calore, e quindi la quantità della condensazione.

LXXXVI.

Il professor Struve istituì una serie di osservazioni sulla cometa di Encké, nel periodo della sua riapparizione nel 1828, e coll'ajuto del gran telescopio Dorpat eseguì i disegni delle figure 7 e 8.

La fig. 7 (p. 267) rappresenta la cometa quale apparve nel 7 di novembre, avendo il suo diametro $a\,b$ la misura di 18′. La parte più chiara della cometa si stendeva da k ad l, e le era quindi eccentrica, essendo $k\,K$ la distanza fra il centro della parte splendente ed il centro di grandezza. Fra il 7 ed il 30 di novembre la grandezza della co-

meta decrebbe da quella rappresentata nella fig. 7 a quella presentata dalla fig. 8; ma la chiarezza apparente era tanto cresciuta che alla seconda di queste date era visibile ad occhio nudo come una stella di sesta grandezza. Il diametro apparente allora era ridotto a 9'.

Il 7 novembre fu veduta dietro la cometa una stella dell' undecima grandezza, così presso al centro della parte brillante che per un momento venne scambiata per un nucleo. Lo splendore della stella non era offuscata nel minimo grado percettibile dalla massa della materia cometaria traverso cui passava la sua luce.

Era evidente che l' incremento di chiarezza nella cometa al 30 di novembre, si doveva ascrivere alla contrazione ed alla susseguente condensazione della materia nebulosa di cui era composta, mentre si allontanava dal sole, perchè la sua distanza dalla terra al 7 novembre, quando sottendeva l'angolo di 18', era 0·515 (presa per unità la distanza media fra la terra ed il sole); e invece la sua distanza nel giorno 30, quando sottendeva l'angolo di 9', non era che 0·477. Perciò le sue dimensioni cubiche devono essersi diminuite, e la densità della materia che la costituisce deve essersi aumentata più di otto volte.

LXXXVII.

L' aspettazione così generale che nell' occasione del suo ritorno al perielio nel 1835, questa cometa avrebbe somministrato agli osservatori l' opportunità di raccogliere nuovi dati su cui fondare qualche veduta soddisfacente circa la composizione fisica della classe de' corpi di cui essa è un esempio così notevole, non andò fallita. Non era appena riapparsa che cominciarono a manifestarsi dei fenomeni, prima e durante la formazione graduale della coda, l' osservazione dei quali è stata a fortissima ragione considerata come atta a segnare un' epoca memorabile nella storia astronomica.

Fortunatamente, queste strane ed importanti apparenze vennero osservate col massimo zelo e disegnate colla più minuta e scrupolosa fedeltà da parecchi astronomi eminenti in un emisfero e nell'altro. I signori Bessel a Konigsburgo, Schwabe a Dessau e Struve a Pultava, e sir G. Herschel e Mr. Maclear al Capo di Buona Speranza, pubblicarono separatamente le loro osservazioni, accompagnate da numerosi disegni dimostranti le successive trasformazioni presentate sotto l' influenza fisica del variarsi della temperatura, nel suo avvicinarsi al sole e nel dipartirsene.

La cometa si vide dapprima come una piccola nebbia rotonda, senza coda, e con un punto chiaro più intensamente luminoso del

Fig. 7. — *La cometa di Encke, nell'avvicinarsi al sole: secondo apparve nel 7 Nov.* 1828.
(Figura telescopica disegnata da Struve).

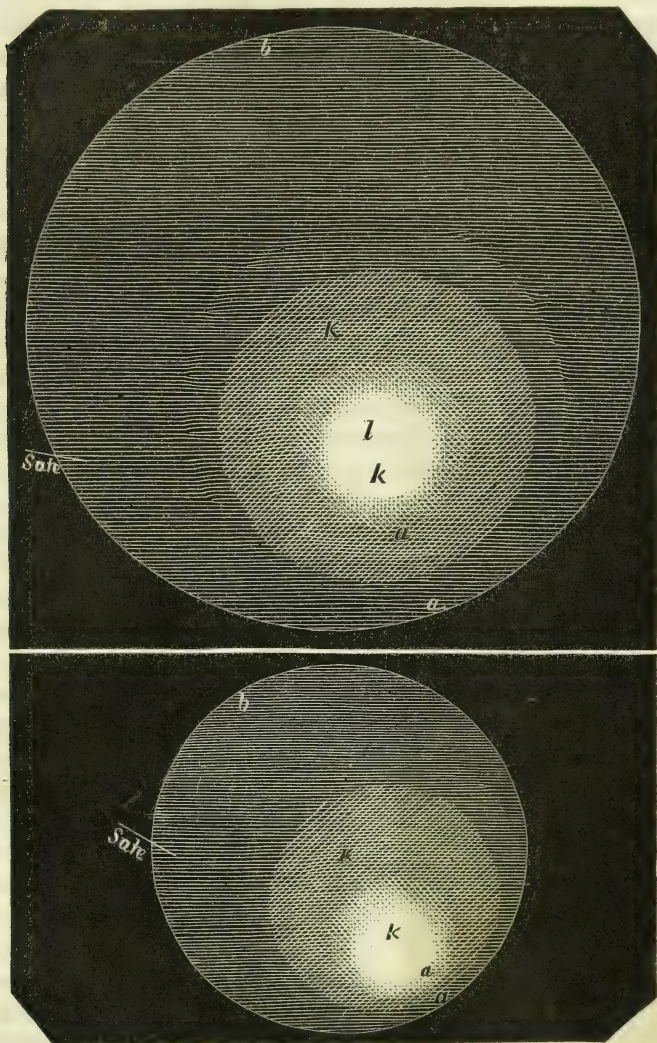



Fig. 8. — *La stessa come apparve il* 30 *Novembre* 1828.

resto, posto eccentricamente in essa. Il 2 di ottobre, cominciò a formarsi la coda, la quale, crescendo rapidamente, arrivò ad una lun-

ghezza di quasi 5° nel 5; il 20 raggiunse la massima lunghezza che fu di 20°. Dopo questo giorno cominciò a decrescere, diminuendo così rapidamente che il 29 fu ridotta a 3°, ed il 5 novembre a 2 ½. La cometa fu osservata il giorno del suo perielio dal signor Struve, all' Osservatorio di Pultava, e non offriva apparenza di coda.

Le circostanze che accompagnarono il crescere della coda dal 2 di ottobre, fino al suo scomparire, furono estremamente rimarchevoli, e vennero osservate colla precisione più scrupolosa, simultaneamente da Bessel a Konigsburgo, da Struve a Pultava, e da Schwabe e Dessau, e ciascuno di loro eseguì di tanto in tanto dei disegni per rappresentare i successivi cambiamenti che subiva.

Il giorno 2, cominciò a formarsi la coda, coll' apparenza di una violenta emissione di materia nebulosa della parte della cometa rivolta al sole. Questa emissione non era però nè uniforme nè continua. Veniva lanciata fuori ad intervalli, come la materia infuocata eruttata dal cratere di un vulcano. Dopo l' esplusione che fu considerevole, secondo Bessel, nel giorno 2, essa cessò e non si osservò altro efflusso per parecchi giorni. Circa l' 8 però ricominciò con maggiore violenza di prima, assumendo una forma novella. A quest'epoca Schwabe segnalò un'apparenza, da lui denominata coda seconda, volta in direzione opposta a quella della coda primitiva e, quindi, verso il sole. Sembra, però, che Bessel non abbia riguardata questa apparenza che come l' emissione rinnovata di materia nebulosa stata poi volta indietro dal sole, a guisa di un fumo che venisse piegato da una corrente d'aria soffiante dal sole nella direzione della coda originaria.

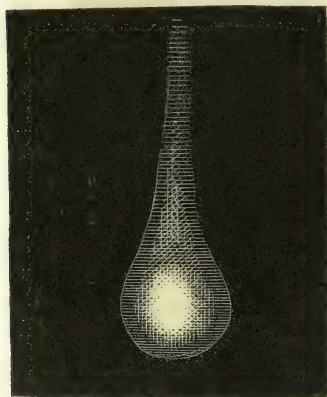



Fig. 9. — 29 *Settembre* 1835.

Dall' 8 al 22 la forma, la posizione e lo splendore delle emanazioni nebulose subirono varii ed irregolari cambiamenti, crescendo e decrescendo alternativamente da ultimo.

Una volta si osservarono due e un altra tre emanazioni nebulose emesse in direzioni divergenti. Queste direzioni variavano di continuo, e così pure il loro splendore comparativo. Talvolta prendevano una forma a coda di rondine, simile a quella della fiamma uscente dal becco d' una lampada a gas. Si osservò che il getto o coda principale oscillava d' una parte all'altra della retta condotta dal sole al

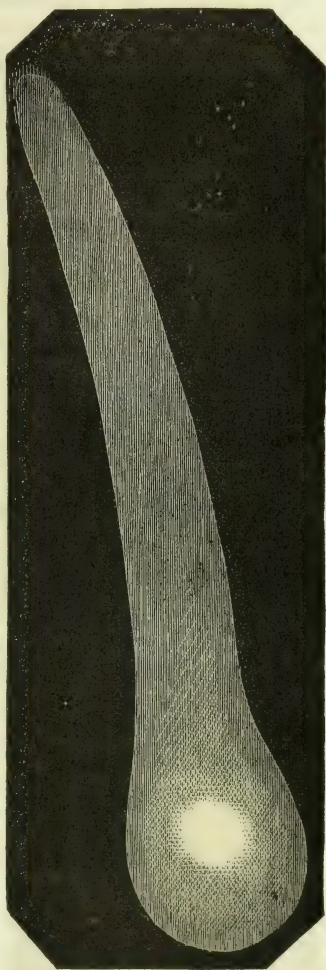
centro della testa della cometa, esattamente come l'ago d'una bussola oscilla da una parte e dall'altra del meridiano magnetico. Quest'oscillazione era tanto rapida che la direzione delle code variava visibilmente d'un'ora all'altra. Lo splendore della materia di cui erano formate, essendo più intensa nel punto in cui sembravano projettarsi dal nucleo, sfumava di mano in mano che si espandeva nella chioma, curvandosi all'indietro, nella direzione della coda principale come farebbe del fumo o del vapore dicontro al vento.

Fig. 10. — 3 *Ottobre* 1835.

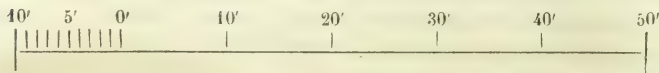
LXXXVIII.

Questi curiosi fenomeni s'intenderanno più chiaramente col sussidio dei mirabili disegni del signor Struve che abbiamo riprodotti con tutta la fedeltà possibile nelle figure 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18. Questi disegni vennero eseguiti dal signor Kruger, artista eminente, dietro l'immediata osservazione delle apparenze della cometa col gran telescopio Fraunhoffer all'Osservatorio di Pultava. Gli schizzi del pittore vennero corretti dall'astronomo e non furono adottati definitivamente che dopo averli più volte confrontati coll'oggetto. I disegni originali si conservano nella biblioteca dell'Osservatorio.

LXXXIX.

La figura 9 (pag. 268) rappresenta l'aspetto della cometa nel 29 settembre. Era difficile di riconoscervi la coda, che sembrava composta di materia nebulosa assai tenue. Il nucleo passava quasi concentricamente sopra una stella della decima grandezza, senza influire menomamente sulla sua chiarezza apparente. La stella si vedeva distintamente dietro

la parte più densa della cometa. Un' altra stella passò anch'essa dietro la cometa, con un simile risultato.

Questa è la scala secondo cui vennero fatti i disegni.

10′ 5′ 0′ 10′ 20′ 30′ 40′ 50′

XC.

La cometa cambiò non solo di grandezza e di forma, ma anche di posizione dopo il 29 di settembre. In quel giorno la direzione della coda era quella del parallelo di declinazione corrispondente alla testa. Il 3 di ottobre, era inclinata a questo parallelo verso il nord di un piccolo angolo ed invece di essere diritta, era curvata come indica la figura 10 (pag. 269). Il diametro della testa si era aumentato nel rapporto di 2 a 3 e la lunghezza della coda quasi nel rapporto di 1 a 3.

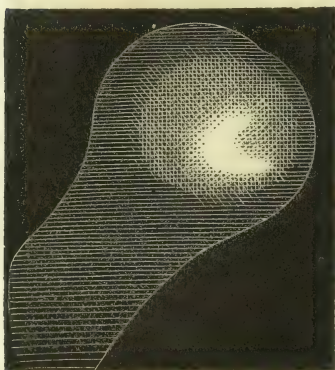
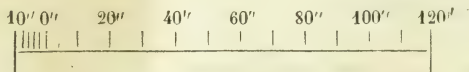



Fig. 11. — 8 *Ottobre* 1835.

XCI.

Nei giorni 5, 6 e 7 la cometa subì parecchi cambiamenti: il nucleo divenne più cospicuo. Il 6 ne usciva una fiamma a foggia di ventaglio, che scomparve nel 7 e riapparve nell' 8 con splendore cresciuto, come mostra la fig. 11, che è disegnata secondo la scala qui unita.

10″ 0″ 20″ 40″ 60″ 80″ 100″ 120″

Il nucleo appariva come un carbone ardente di forma oblunga e di colore giallognolo. L' estensione dell' emanazione in forma di fiamma era di circa 30′. La tenue nebbia circondante i nuclei si stendeva molto al di là dei limiti del disegno, ma, essendo soverchiata dalla luce lunare, non si potè misurarla.

XCII.

La fig. 12, che è fatta sulla medesima scala della fig. 11, rappresenta la cometa, come apparve nella notte successiva. Il nucleo e l'emanazione a foggia di fiamma cangiarono interamente di forma dalla notte precedente. La coda (non compresa nel disegno) misurava assai prossimamente 2°. La fiamma si componeva di due parti, una somigliante a quella veduta nel giorno 8, e l'altra simile al getto uscente da un cannello ferruminatojo in direzione perpendicolare alla prima. La figura rappresenta il nucleo e la fiamma quali apparvero alle ore 21, tempo sidereo, sotto un ingrandimento di 254 volte.

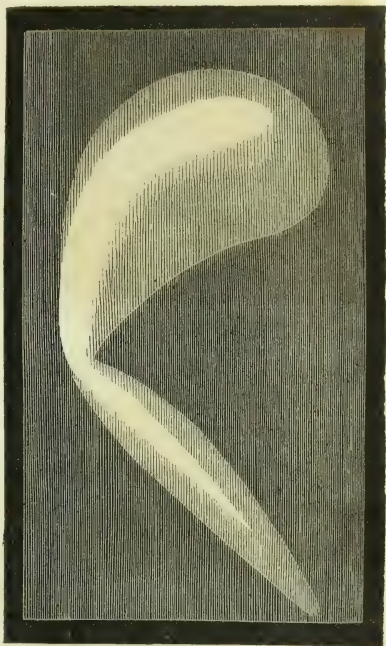



Fig. 12. — 9 *Ottobre* 1835.

XCIII.

L'aspetto della cometa nella notte seguente è mostrato nella medesima scala dalla fig. 13. La coda, che misurava ancora circa 2°, era allora molto più risplendente, riuscendo visibile ad occhio nudo malgrado un forte chiaro di luna. La chioma era evidentemente più larga della coda. Il nucleo fiammeggiante è rappresentato nel disegno quale fu veduto con un ingrandimento di 86 volte, in un campo di 18′ di diametro, il quale era interamente riempiuto dalla chioma. Il diametro di questa doveva dunque essere di più di 18′. Il disegno fu eseguito a 21 ore, tempo sidereo.

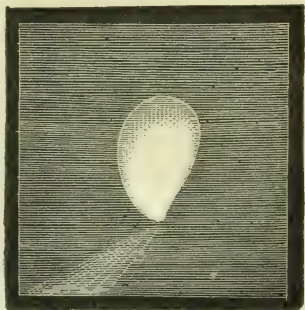



Fig. 13. — 10 *Ottobre* 1835.

XCIV.

La cometa è mostrata dalla fig. 14, nella medesima scala, quale apparve nella notte del giorno 12. Essa apparve alle $0^{ore},25^{m}$ (*t. s.*) per un corto intervallo con uno splendore insolito, essendone però visibili solamente il nucleo e la fiamma, come esprime il disegno.

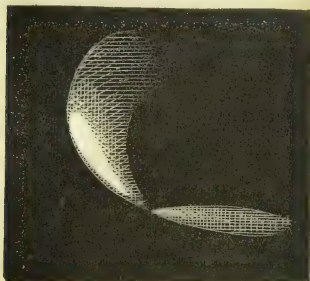



Fig. 14. — 12 *Ottobre* 1835.

Fig. 15. — 14 *Ottobre* 1835.

La massima dimensione della fiamma misurava 64'',7. Il suo aspetto era bellissimo, somigliando ad un getto sgorgante dal nucleo, come la fiamma da un tubo ferruminatojo, o come la fiamma dalla scarica d'un mortajo, accompagnata dal fumo bianco cacciato innanzi dal vento.

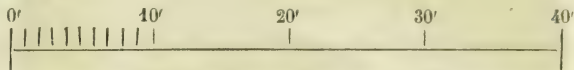
XCV.

La fig. 15 ne presenta, secondo la stessa scala, l'apparenza nel giorno 14. La fiamma principale si era molto ingrandita, stendendosi fino alla lunghezza apparente di 134''. Il suo piegamento e la sua forma ricurva erano rimarchevolissimi.

XCVI.

Un cielo nuvoloso impedì qualunque osservazione per 12 giorni. Il 27 la cometa apparve ad occhio nudo, brillante come una stella di terza grandezza, colla coda distintamente visibile. La chioma che avvolgeva il nucleo sembrava una nebulosa uniforme. La coda era curvata e molto lunga; ma, in causa della piccola altezza a cui venne fatta l'osservazione, non la si potè misurare. Il 29, però, la cometa si presentò in condizioni molto più favorevoli, e allora se ne eseguirono i disegni, fig. 16 e 17. Il primo rappresenta l'intera co-

meta, compresavi tutta l'estensione visibile della coda, ed è disegnato nella seguente scala di minuti.

0′ 10′ 20′ 30′ 40′

L'altro non rappresenta che la testa della cometa ed è disegnato nella seguente scala di minuti secondi.

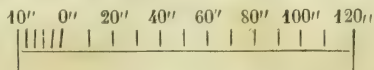
10″ 0″ 20″ 40″ 60″ 80″ 100″ 120″

Alle ore 20, 30m. (tempo sidereo) la testa offriva l'apparenza rappresentata nella fig. 17. La chioma principale era quasi esattamente circolare, ed aveva un diametro di 165″. Con un ingrandimento di 198 volte, il nucleo appariva quale lo si vede nella figura, o il suo diametro misurava da 1″,25 ad 1″,50. La fiamma uscente dal nucleo, ripiegata all' indietro come un fumo dal vento, era molto cospicua. L'apparenza della formazione della coda allo staccarsi dal nucleo, era sviluppata in modo rimarchevole.

Fig. 16. — 29 *Ottobre* 1835.

XCVII.

Il 5 di novembre la cometa aveva l'aspetto mostrato dalla figura 18. Il disegno rappresenta il nucleo e la fiamma emessa da questo, nella scala di secondi data più abbasso.

Il vero nucleo misurava circa 2″,3. Se ne vedevano uscire due fiamme in direzioni quasi opposte ed entrambe curvate verso la medesima parte. La fiamma più brillante, diretta a nord, era distinta da margini più fortemente definiti. L'altra, rivolta a sud, era più fioca e mal definita.

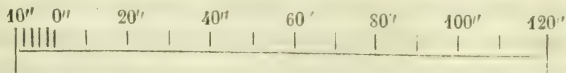
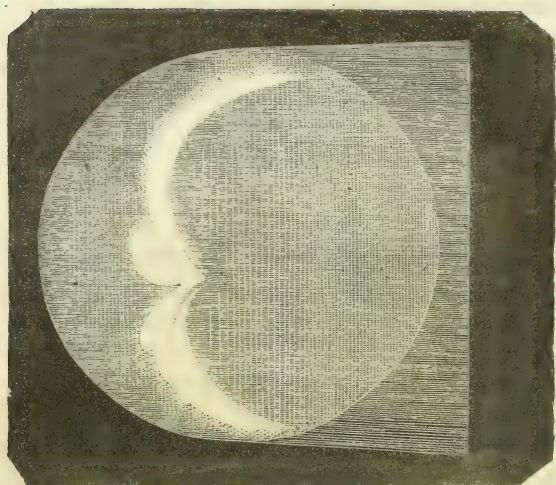



Fig. 17. — 29 *Ottobre* 1835.

Fig. 18. — 5 *Novembre* 1835.

XCVIII.

Sir. G. Herschel, che osservò pure la cometa al Capo di Buona Speranza, da tutte quelle osservazioni, trasse le seguenti induzioni:

1.° Che la sostanza della cometa vaporizzata dal calore solare

sfugga in getti, producendo colla propria reazione delle irregolarità nei moti della cometa, e cambiando così anche la direzione propria di eruzione.

2.° Che questa eruzione avvenga specialmente dalla parte volta al sole.

3.° Che la materia eruttata incontri una resistenza opposta da qualche forza sconosciuta da cui sia respinta nella direzione contraria, formando in tal modo la coda.

4.° Che questo accada non uniformemente sulla materia cometaria, di cui una parte considerabile è trattenuta, formando la testa e la coda.

5.° Che questa forza non possa essere la gravitazione solare, perchè agisce in direzione opposta ad essa, ed è molto più energica, come è reso manifesto dalla velocità enorme con cui la materia della coda è allontanata dal sole.

6.° Che la materia così respinta a tanta distanza da un corpo di così poca massa deve sfuggire in gran parte, alla debole influenza della gravitazione della massa costituente la testa e la chioma, e, a meno che non entri in azione qualche agente più efficace, una gran porzione di quella materia vaporizzata deve perdersi nello spazio, per non riunirsi più alla cometa. Ciò menerebbe a conchiudere, che ad ogni passaggio al perielio, la cometa debba perdere sempre più dei suoi costituenti vaporizzabili, da cui dipende la produzione della chioma e della coda, cosicchè, ad ogni successiva riapparizione, le dimensioni di queste appendici dovrebbero essere sempre minori, ciò che infatti si verifica.

XCIX.

Nel dipartirsi del sole, dopo il passaggio al perielio, la cometa venne osservata in circostanze assai favorevoli al Capo da Sir G. Herschel e da Mr. Maclear. Vi riapparve la prima volta al 24 gennajo, con un aspetto al tutto differente da quello con cui la si era veduta prima del suo perielio. Come opina sir G. Herschel, essa aveva subíto qualche grande modificazione fisica che aveva operata su di essa una trasformazione completa.

« Nulla di più sorprendente del cambiamento totale avvenuto in essa dall'ottobre in poi .... Si era sviluppato un fenomeno nuovo ed inaspettato, affatto unico nella storia delle comete. Entro la testa ben definita, e posto alquanto eccentricamente, eravi un nucleo splendente somigliante ad una cometa in miniatura, con testa e coda propria, perfettamente distinto e d'intensità considerabilmente superiore

al disco nebuloso od involucro, a cui più indietro ho dato il nome di *testa*. Un piccolo punto brillante, simile ad una piccola stella, si scorgeva distintamente in essa, ma non era mai così ben pronunciato, da dare la certezza positiva che fosse una sfera solida, molto meno si poterono discernervi delle fasi. » (*Osservazioni del Capo*, pag. 397).

C.

I fenomeni ed i cambiamenti offerti dalla cometa, dal suo riapparire il 24 gennajo, fino alla sua definitiva scomparsa, sono stati descritti molto chiaramente da Mr. Maclear ed illustrati da una bella serie di disegni di quell'astronomo e del suo assistente, Mr. Smith, in una Memoria che apparve nel decimo volume delle Transazioni della Regia Società Astronomica, e da cui abbiamo riprodotta la serie delle illustrazioni dalla fig. 19 alla fig. 29 (pag. 227, 245, 263 e 277).

CI.

Nella notte del 24 gennajo 1836 la cometa apparve ad occhio nudo come una stella della seconda grandezza, quale è presentata dalla fig. 19. La testa era quasi circolare e presentava un disco planetario perfettamente ben definito, circondato di una chioma od aureola brillante simile a dilicati fili di ragnatelo svolazzanti. Il diametro della testa, esclusa la chioma od aureola, misurava 131″ e con questa 402″.

CII.

Nella notte del 25 la cometa offriva l'aspetto presentato dalla fig. 20. La forma circolare era rotta, e la grandezza della testa era cresciuta. Si vedevano tre stelle traverso la chioma ed una traverso la testa.

CIII.

Il 26 di gennajo la grandezza della testa crebbe di nuovo, ma diminuì quella della chioma.

CIV.

Il 27 la cometa cominciò ad assumere la forma parabolica, indicata dalla fig. 22 (pag. 227), e continuò a crescere di grandezza.

CV.

Il 28 la chioma od aureola era affatto invisibile, ma il nucleo appariva come una piccola stella poco luminosa. Continuava a crescere la grandezza della cometa. L'osservatore immaginò di vedervi un leggiero abbozzo di coda (fig. 23).

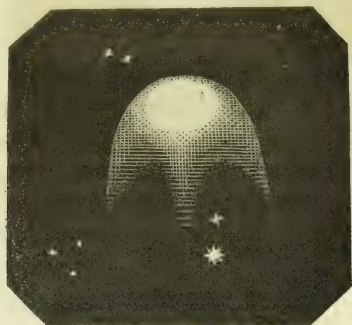



Fig. 23. — 28 *Gennaio* 1835.

CVI.

Il 30 la forma della cometa divenne decisamente parabolica (fig. 24). La larghezza della testa era 702″, più grande di quella del giorno 24 nel rapporto di 49 a 70, ossia di 7 a 10, ciò che corrisponderebbe ad un incremento di volume nel rapporto di 1 a 3, supposto che fosse

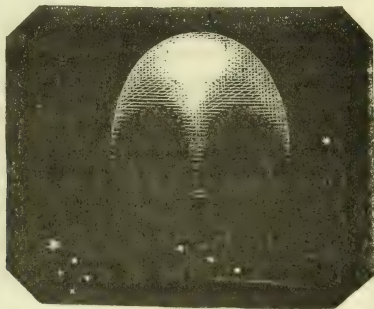



Fig. 24. — 30 *Gennaio* 1835.

rimasta invariata la forma; ma si calcolò che l'estendersi della lunghezza importasse un incremento di superficie nel rapporto di 35 ad 1, ciò che corrisponderebbe ad un aumento di volume assai maggiore.

CVII.

Il 1 di febbrajo, ebbe luogo un ulteriore incremento nella grandezza, restando inalterata la figura (fig. 25).

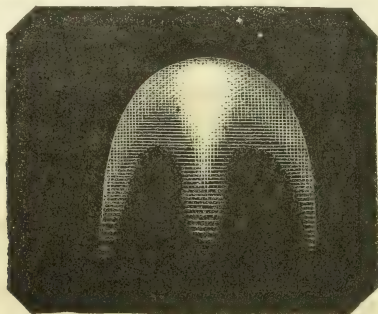



Fig. 25. — 1 *Febbraio* 1836.

CVIII.

Il 7 febbrajo la cometa apparì poco luminosa per effetto della luce lunare (fig. 26 a pag. 245).

CIX.

Il 10, si verificò un nuovo aumento di volume, e fu visibile una stella traverso il corpo delia cometa (fig. 27 a pag. 263).

CX.

Dal 16, in cui presentava l'aspetto indicato dalla fig. 28, (pag. 245), al 23 quando assunse quello mostrato dalla fig. 29 (pag. 263), la grandezza seguitò a crescere, mentre l'illuminazione andò a poco a poco indebolendosi, continuando così fino alla totale scomparsa della cometa; il contorno, dopo breve tempo, divenne così fioco da perdersi nell'oscurità circostante, lasciando una blanda rigonfiatura nebulosa con uncentro brillante intorno al nucleo.

CXI.

Secondo Mr. Hind, il numero delle comete apparse dalla nascita di Gesù Cristo, in ognuno dei secoli successivi, fu il seguente: pri-

mo secolo, 22; secondo, 23; terzo, 44; quarto, 27; quinto, 16; sesto, 25; settimo, 22; ottavo, 16; nono, 42; decimo, 26; undecimo, 36; duodecimo, 26; decimoterzo, 26; decimoquarto, 29; decimoquinto, 27; decimosesto, 31; decimosettimo, 25; decimottavo, 64; decimonono, (prima metà), 80. Totale, 607.

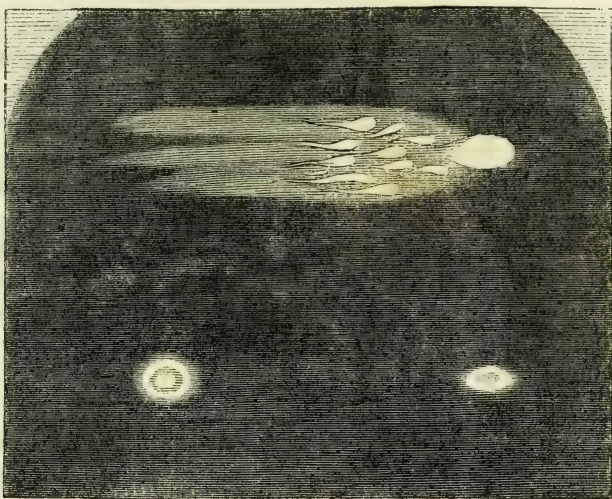
CXII.

Siccome le comete non sono visibili che presso al perielio, quando è massima la loro velocità, la durata del tempo per cui sono visibili in ciascuno dei loro passaggi al perielio, generalmente è breve. La massima durata di cui si abbia memoria, è quella della gran cometa del 1811 (Num. 8, Tavola VI, *Manuale di Astronomia,* Capit. XVIII), la quale seguitò ad essere visibile per 510 giorni. La cometa del 1825 (Num. 2, Tavola VI, *Manuale di Astronomia,* Capitolo XVIII) si potè vedere per dodici mesi ed altre apparse di poi si videro per otto mesi. In generale però questi corpi non si continua a vederli per più di due o tre mesi.

CXIII.

Considerando il gran numero di comete che traversarono il nostro sistema, non parrebbe accidente molto improbabile quello dell' urto di una di esse contro qualche pianeta. Si suppone che la cometa di Lexell sia passata framezzo ai satelliti di Giove; e, quando ciò sia avvenuto, è certo che i movimenti di questi corpi non ne vennero menomamente influenzati. Il caso del massimo avvicinamento di una cometa alla terra, fu quello della cometa del 1684 (Num. 55, Tavola VIII, *Manuale di Astronomia,* Capitolo XVIII) la quale venne ad una distanza minore di 216 semidiametri della terra, cioè a non molto più di quattro volte la distanza della luna. Non sappiamo che si sia constatato con certezza nessun altro avvicinamento maggiore di questo.

Prof. R. Ferrini.

BOLIDI E STELLE CADENTI.

Meteora del 18 Agosto, 1783, veduta a Windsor. Le due figure inferiori le rappresentano pochi minuti secondi prima dell'esplosione.

Capitolo primo.

I. Necessità di seguire lo spirito della filosofia induttiva nell'investigare i fenomeni fisici. — II. Circostanze che accompagnano l'apparizione dei meteoroliti, fornite dalle antiche osservazioni. — Globi di fuoco — Nubi esplosive — Catalogo delle pietre meteoriche, di Chladni. — III. Rimarchevole caduta di aeroliti. — IV. Costituzione fisica ed analisi degli areoliti. — V. Crosta dei meteoroliti, loro massa interna. — VI. Loro grandezza e velocità. — VII. Differenti ipotesi o teorie proposte per spiegarli. — VIII. Spiegazione dell'apparenza luminosa. — IX. Ipotesi di Poisson. — X. Impossibilità dell'origine atmosferica. — XI. Inamissibilità dell'origine vulcanica. — XII. L'ipotesi dell'origine lunare rigettata. — XIII. Si ammette generalmente l'origine planetaria. — XIV. Rimarcabili apparizioni di stelle cadenti registrate nella storia. — XV. Pioggie di stelle vedute nel 1788 e nel 1799. — XVI. Altre nel 1822 e nel 1831. — XVII. Memorabile pioggia di stelle del 1833. — XVIII. Gran numero di stelle cadenti vedute in quell'occasione. — XIX. Loro grandezza.

I.

Chi consideri la lunghezza del tempo trascorso da che Bacone insegnò formalmente per il primo, i veri metodi di investigare la

natura, non può a meno di essere colpito da sorpresa osservando quanto di frequente quegli inestimabili precetti sono trascurati o trasgrediti. Sembra che esista una disposizione inerente all'anima — prodotta probabilmente da quell'arroganza e da quella vanità che sono la dote immancabile dell'ignoranza — che ci induce a formare precipitosamente delle teorie ed a supporre delle cause, trascurando o posponendo il cómpito assai più importante, sebbene meno brillante, di analizzare i fenomeni. È vero che queste osservazioni non sono applicabili a quell'ordine di menti che vennero educate nelle severe scuole di università antiche e di vecchia fondazione, dove le opere di Bacone ed i classici lavori matematici di Newton e di Laplace sono studiati con uno zelo ed una perseveranza che non ponno a meno di infondere il loro spirito nelle menti dei loro successori aspiranti. Ma nella classe assai più estesa degli scienziati dilettanti a mezzo educati ed istruiti da sè stessi, la disposizione indicata esiste di frequente, ne ritarda in proporzione i progressi e toglie valore alle loro fatiche.

Ogni publico istruttore non dovrebbe quindi lasciar passare nessuna occasione propria di inculcare il vero spirito della filosofia induttiva, che, ai nostri giorni, ha dato una messe così ricca di scoperte. Noi intendiamo di approfittare dell'opportunità offerta dallo studio degli aeroliti per dare un esempio della rigorosa osservanza dei canoni della filosofia Baconiana nell'investigazione della natura.

Chiunque sia appena in qualche grado al fatto delle cognizioni correnti al giorno d'oggi, s'imagina di sapere che cosa siano le pietre meteoriche. Sa che cadono dall'aria accompagnate da fuoco e da rumore. Questa somma di cognizioni gli basta perchè senza esitanza egli si faccia a congetturarne l'origine ed a fabbricare una teoria per spiegarle. Com'è prevedibile, la teoria fabbricata in tali circostanze è sempre indigesta ed assurda, e rovina al più leggiero paragone coi fenomeni.

Quando ci si offre da esaminare un fenomeno nuovo e non ancora spiegato, il primo nostro ufficio è di informarci, colla più scrupolosa accuratezza, di tutte le circostanze, anche le più minute, che l'hanno accompagnato; e se le antiche osservazioni non soddisfanno a tutte le ricerche di circostanze che ci si ponno suggerire come necessarie, si deve aspettare pazientemente che ricorra un fenomeno somigliante per osservarlo diligentemente. Raccolte in questa maniera tutte le circostanze che si ritiene possano gettar luce sulla sua origine, allora soltanto e non prima, saremo in grado di giustificare una ricerca della sua causa.

II.

Vediamo per esempio, quali delle circostanze che accompagnano l'apparizione delle meteoroliti, ci siano fornite dalle vecchie osservazioni.

Queste meteore si manifestano in varie maniere. La loro caduta è spesso preceduta dall'apparenza di un torrente di luce che passa con grande velocità traverso una parte più o meno estesa del firmamento e termina con un'esplosione — talvolta così forte che le finestre e le porte ed anche tutta la casa ne sono scosse come da un terremoto. — Qualche volta il fenomeno si presenta sotto la forma di un globo da fuoco.

Qualche volta in un cielo perfettamente sereno si osserva formarsi d'improvviso una nube piccola e scura, che scoppia con un fragore paragonabile ad una serie di scariche d'artiglieria, lanciando una grandine di pietre. Taluna di queste nubi scorrendo sopra un esteso tratto di paese scaglia qualche volta delle migliaja di pietre meteoriche di varie grandezze, ma simili nei componenti e nell'aspetto esteriore.

L'apparenza luminosa e la successiva esplosione, che accompagnano queste meteore, erano conosciute da lungo tempo; il fatto però, che contemporaneamente venissero scagliate sulla terra quelle sostanze pesanti, che ora si chiamano pietre meteoriche, non fu dimostrato chiaramente nè generalmente ammesso fino al nostro secolo. La vigilanza e lo zelo dei fisici contemporanei hanno però somministrato prove abbondanti della realtà di questi depositi. Chladni, nella sua opera su questo argomento, ha dato un esteso catalogo cronologico delle pietre meteoriche, il quale presenta, esempii di tali fenomeni occorsi in varie parti del mondo, parecchie volte ad ogni anno del secolo scorso.

III.

Rimarcabili cadute di aeroliti vennero osservate a Barbotan, nel dipartimento delle Lande in Francia, il 24 luglio 1790; a Siena, in Italia, il 16 giugno 1794; a Weston, nel Connecticut, Stati Uniti, il 14 dicembre 1807; ed a Juvenas, nel dipartimento dell'Ardèche, in Francia, il 15 giugno 1821.

Il fenomeno avviene talvolta a cielo perfettamente sereno e sgombro di nubi. Il 16 settembre 1843, cadde un grande aerolite a Kle-

inwenden, presso Mulhausen, accompagnato da un fragore di tuono, mentre il cielo intanto era affatto sgombro di nuvole.

Si può dunque riguardare come stabilito indubitabilmente il fatto che si vedano frequentemente passare traverso il cielo con grande velocità apparente delle masse di sostanza pietrosa, di varie grandezze e spesso di peso considerevole, le quali poi sono precipitate a terra con straordinaria veemenza.

La seconda circostanza degna d'attenzione è che questi corpi battono di rado la superficie della terra in direzione verticale o presso che tale. Generalmente scendono in una direzione molto obliqua al piano dell'orizzonte. Si potrebbe chiedere come mai si possa conoscere la direzione in cui urtano la terra se non si vedono, ciò che avviene di rado, al momento della caduta. La loro direzione è manifestata dalla maniera in cui penetrano nel terreno, come fanno sempre, ad una profondità più o meno grande.

Altra circostanza importantissima è la loro velocità quando incontrano la terra. Questa velocità si può scoprire coll' osservarne il movimento mentre è visibile, come pure coll' arguire la forza con cui urtano il terreno dalla profondità a cui vi penetrano.

Mediante siffatte osservazioni si è trovato che le loro velocità appartengono alla specie dei movimenti caratteristici dei corpi del sistema solare, e che non si verificano mai nei movimenti dei corpi terrestri. Sono velocità che non si ponno concepire, prodotte dalla gravità terrestre in qualsiasi massa attratta ad una distanza compresa nei limiti dell' atmosfera.

IV.

Esaminando le condizioni fisiche ed analizzando i componenti delle masse così precipitate, si scoprono varie circostanze degne di conoscersi. In qualunque maniera cadano, sia da globi di fuoco che appajano di notte, sia da una nube nel giorno o da un cielo chiaro e sereno, mostrano una somiglianza generale e marcata nella forma, nella crosta esterna e nei componenti. Quando sono appena cadute, hanno sempre una temperatura più o meno elevata. Esse presentano una superficie d' un nero lucente ed apparentemente bruciata e i loro componenti sono generalmente ferro, nichelio, cobalto, manganese, cromo, rame, arsenico, stagno, sodio, solfo, fosforo e carbonio, circa un terzo delle sostanze elementari di cui l'analisi chimica dimostrò constare i corpi terrestri. Si trovò che questi componenti sono gli stessi, con poche eccezioni, in qualunque tempo ed in qualunque parte della terra siano caduti quei corpi.

Importa qui di osservare che il ferro ed il nichelio vi si trovano quasi sempre sotto forma mettalica. Stato in cui non si trovò mai che esistessero alla superficie della terra. Questi metalli, quando si trovano sulla terra, sono invariabilmente combinati coll' ossigeno e non sono che i loro ossidi che occupano un posto fra le sostanze terrestri naturali. Il ferro ed il nichelio adoperati nelle arti si ottongono mediante la scomposizione dei minerali coi processi metallurgici.

In qualche caso eccezionale il ferro contenuto in queste masse differisce estremamente nella proporzione e nella qualità. I meteololiti caduti ad Agra, in India, — quelli trovati a Sisim, nel governo di Jeniseisk — e quelli portati dal Messico da Humboldt, contenevano il 96 per cento di ferro assai malleabile, mentre l' aerolite di Siena non ne conteneva più del 2 per cento, e quelli di Jonzac e di Juvenas non contenevano punto ferro metallico.

V.

La crosta di cui sono ricoperti quasi immancabilmente gli aeroliti non ha che uno spessore di pochi centesimi di pollice e venne descritta da Humboldt come sommamente caratteristica. Spesso ha una lucentezza come di pece e qualchevolta è venata. La crosta nera è separata dalla massa che contiene, che è d'un leggiero color bigio, da una linea marcata altrettanto ricisamente di quella della crosta di color piombo scuro dei pezzi di granito bianco portati da Humboldt dalle cataratte dell' Orinoco e che si trovano vicini a molte cateratte in altre parti del mondo, per esempio, a quelle del Nilo e del Congo. Humboldt osservò che il più intenso calore dei forni di porcellana non può produrre nulla di simile alla crosta degli aeroliti, che sia così nettamente e così ricisamente separata dalla massa interiore inalterata. Talvolta si riconobbero per accidente delle apparenze che sembravano accennare ad un rammollimento dei frammenti, ma in generale la condizione della maggior parte della massa — la mancanza di qualunque delle ammaccature che avrebbe potuto produrre la caduta — ed il grado moderato di calore che si sente, toccando un aerolìto appena caduto —, sono ben lungi dall' indicare uno stato di fusione interna, durante il suo rapido passaggio traverso l' atmosfera.

VI.

Osservazioni e misure eseguite sulla grandezza e sulla velocità di questi corpi meteorici forniscono molti risultati sorprendenti.

Si osservarono dei globi di foco di cui si calcolò che il diametro variasse da 500 a 2,600 piedi. Il globo di fuoco veduto il 14 dicembre 1807, a Weston nel Connecticut, Stati Uniti, misurava 500 piedi. Le Roi ne osservò uno, il 10 luglio 1771, che misurava quasi 1000 piedi; e sir. Carlo Blagden stimò a 2600 piedi il diametro di uno osservato da lui, il 18 Gennajo 1713. In queste misure si comprendono, però, non solo le masse solide, ma anche la materia ignea di cui potevano essere circondate.

Le più grandi fra le masse meteoriche trovate sulla superficie della terra sono quelle di Bahia nel Brasile e di Otumpa, descritte da Ruben da Celis. Il loro diametro è da sette piedi a sette e mezzo.

Il masso meteorico di Ego Potamo, celebre nell' antichità, di cui si fa menzione nella *Cronica dei Marmi Parii*, e che cadde del cielo verso l' anno dalla nascita di Socrate, venne descritto del volume di due pietre da mulino e pesante come il carico d' un carro pieno. Sul principio del decimo secolo nel fiume presso a Narni, un enorme massa meteorica tanto grande che giacendo sul letto del fiume ne sporgeva quattro piedi fuor d' acqua.

Secondo una tradizione popolare Mongolica, vi è, in una pianura presso le sorgenti del Fiume Giallo nella China Occidentale, un frammento di roccia nera alto quaranta piedi, caduto dal cielo.

Humboldt osserva che per quanto siano grandi queste masse, non si ponno riguardare che come frammenti della massa scoppiata nel globo di fuoco o scagliata dalla nube.

VII.

Tali sono le circostauze presentate da queste meteore, che vennero raccolte da informazioni accurate e circospette. Volgiamo ora l' attenzione ai differenti metodi con cui si tentò di spiegarle. A questo scopo si proposero quattro ipotesi o teoríe differenti.

Prima. — Si suppose che la materia da cui sono costituite si fosse alzata della terra in uno stato di suddivisione infinitamente minuta, come il vapore che sorge da un liquido; che essendosi raccolta in nubi nelle più alte regioni dell'atmosfera vi si fosse agglomerata e condensata in masse solide cadendo poi alla superficie della terra in forza del suo peso, che intanto accidentalmente venisse deviata dalla verticale, direzione che le sarebbe impressa dalla gravità, dall'azione delle correnti atmosferiche e che perciò accidentalmente colpisse la terra in direzione obliqua. A questa daremo il nome di *ipotesi atmosferica*.

Seconda. — Si suppose che le pietre meteoriche fossero scagliate dai vulcani con sufficiente veemenza da trasportarle a grandissime altezze nell' atmosfera, cadendo dalle quali acquistassero la velocità e l'impeto con cui percuotono la terra. Si spiega la direzione obliqua, in cui colpiscono il suolo, ammettendo che sieno state lanciate dai vulcani sotto corrispondenti obliquità, per cui secondo la teoria dei projettili, avrebbero ad incontrare la terra quasi con quella stessa inclinazione con cui vennero scagliati. Chiamerem questa, l' *ipotesi vulcanica.*

Terza. — Si imaginò che i meteoroliti potessero essere corpi scagliati dai vulcani della luna con tal forza da venire allontanati dalla luna ed avvicinati alla terra di tanto che, preponderando l' attrazione di questa sull' attrazione lunare, dovessero o cadere direttamente sulla terra, o girare intorno ad essa in orbite circolari con una velocità continuamente rallentata dalla resistenza dell' aria, in conseguenza di che si accosterebbero continuamente alla terra e finirebbero a cadervi. Chiameremo questa, l' *ipotesi lunare.*

Quarta. — Si suppose che i meteoroliti siano corpi planetarii, che compiano delle rivoluzioni in orbite particolari attorno al sole, che queste orbite intersechino il corso annuo della terra; che quando la terra passi per il punto d' intersezione della sua colle loro orbite, essi o la incontrino direttamente, cadendo sulla sua superficie, o penetrandone l' atmosfera siano in breve rallentati dalla resistenza dell' aria e siano costretti a cadere dalla gravità terrestre.

Perchè questa ipotesi bastasse a rendere ragione del gran numero

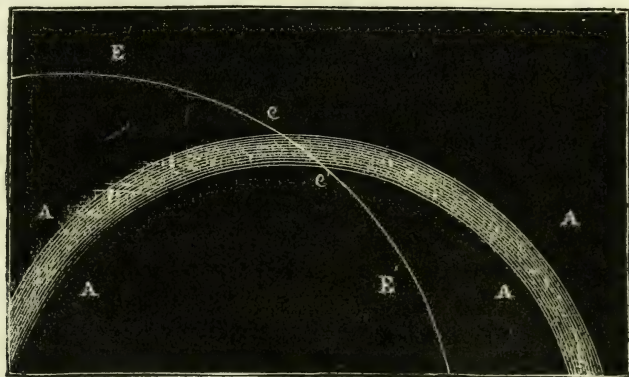



Fig. 1.

di aeroliti che qualchevolta appajono simultaneamente e cadono a terra, si ammise che questi corpi circolino attorno al sole in

gruppi formati da numerosi individui moventesi assieme colla stessa, o con quasi la stessa velocità in orbite parallele, conservando così le loro posizioni relative per lunghi tratti di tempo e passando traverso gli spazii celesti come stormi d'uccelli. Ritenendo ora che le trajettorie parallele di molti di questi corpi sieno rappresentate in A, fig. 1 e, che l'orbità della terra, EE', le attraversi, è chiaro che, se mentre la terra passerà da *e* in *e'*, ci saranno di questi corpi in que' punti della loro orbita, dovrà succedere un incontro, e che in numero più o meno grande dovranno entrare nell'atmosfera ed essere tratti alla superficie della terra dalla sua attrazione.

Ammettendo la possibile esistenza d'uno stormo di molte centinaja od anche di migliaja di questi corpi, contro la quale non si può opporre nessuna impossibilità fisica per non dire nessuna improbabilità, si ottiene una spiegazione soddisfacente del fenomeno straordinarissimo delle pioggie di bolidi di cui siamo stati testimonii, o di cui ci sia rimasta memoria.

VIII.

Tali sono le varie teorie proposte per spiegare i fenomeni dei bolidi e delle stelle cadenti. In tutte, si rende ragione allo stesso modo dello sviluppo di luce che accompagna il loro rapido moto nello spazio. Si suppone, che nel rapido movimento con cui si avanza il corpo, l'aria che fende sia così fortemente condensata da diventare luminosa, e di acquistare un calore così intenso da rendere incandescente la pietra o di produrvi, forse, una combustione superficiale, di cui si hanno le traccie nella nerezza e nella temperatura elevata della superficie. Questo raziocinio si appoggia al notissimo sperimento dell'acciarino pneumatico. In un cilindro di vetro, chiuso ad uno dei capi, può scorrere uno stantuffo a tenuta d'aria, il quale porta alla sua base inferiore un pezzo d'esca o di qualche altra sostanza accensibile. Spingendo repentinamente lo stantuffo verso al fondo del cilindro, in modo da comprimere istantaneamente e gagliardamente l'aria, che sta sotto di esso, l'esca si accende, e traverso il vetro del cilindro si vede un lampo di luce. Da ciò si conchiudeva che in questo sperimento, l'aria sotto lo stantuffo acquistasse per compressione, una temperatura tanto alta da divenire luminosa.

Però altre più recenti sperienze, eseguite in Francia, fanno dubitare della validità di questa conclusione. Si dice in fatti che quella che si accende sia la sostanza untuosa comunemente adoperata

a rendere lubrico lo stantuffo sul cilindro; e difatti, eseguito lo sperimento senza ungere lo stantuffo, non si produsse quel lampo di luce. Non si ritiene quindi provato in maniera soddisfacente, che l'aria sia stata resa luminosa da quella compressione meccanica. Si può però ancora sostenere che anche senza essere resa luminosa, alla stessa aria può essere dalla compressione portata a tale temperatura da rendere luminoso il bolide con cui si trova a contatto.

Ammessa la possibilità di questa ipotesi, riguardo all' aria contigua al suolo, o che si trova ad altezza moderata, si oppose una difficoltà per le grandi altezze a cui furono osservati gli aeroliti. Si può ritenere dimostrato da esperimenti barometrici e da osservazioni istituite sulla durata dei crepuscoli mattutino e vespertino, che ad un altezza maggiore d'una trentina di miglia l'atmosfera non possegga nessuna sensibile proprietà meccanica. Si può conchiudere con certezza che a queste altezze l'aria deve essere di tale infinita tenuità da mancare di qualunque resistenza sensibile o di inerzia. In quegli spazii, per esempio, il vuoto deve essere molto più perfetto di quello che si possa praticare sotto la campana delle migliori macchine pneumatiche: come dunque concepire che sopra un'aria così rarefatta venga prodotta la compressione necessaria a svolgere l'enorme quantità di calorico che può rendere luminosa la materia dei bolidi?

A siffatta objezione venne data la seguente plausibilissima risposta. Si sa che la quantità di calorico latente contenuta in un dato volume d'aria è tanto maggiore quanto più l'aria è rarefatta. Questo è facile a dimostrarsi. Tutti sanno che quando un certo volume d'aria ad una data temperatura si espande ad occupare un volume più grande, se ne abbassa la temperatura, sebbene non gli sia sottratto calore. Poichè, dunque, contiene la stessa quantità assoluta di calorico come prima di espandersi, e poichè, ciononostante, il suo calore sensibile è minore, come è provato dall' abbassamento della temperatura, ne segue che la parte di calorico sensibile, che è scomparsa, deve essersi resa latente, vale a dire, che il calorico latente dell' aria deve essere cresciuto a spese del calorico sensibile.

Ora siccome l'aria grandemente rarefatta contiene molto più calorico latente dell' aria più densa, e questo di più di calorico latente è tanto maggiore quanto maggiore è la rarefazione, ne risulta che il calorico latente dell' aria negli strati più alti dell' atmosfera deve essere senza paragone maggiore che negli strati inferiori e che lo stesso grado di compressione deve ad una grande elevazione produrre un aumento di temperatura molto maggiore che nelle regioni più basse.

Si sostiene dunque che, non già malgrado la rarefazione dell'aria negli strati più alti, ma *in causa* di questa stessa rarefazione, un bolide che la traversi colla velocità d'un pianeta, deve, per l'improvviso costiparsi dell'aria che si caccia dinanzi, produrvi un innalzamento di temperatura sufficiente non solo a cagionare la combustione superficiale dell'aerolìte ma a determinarne l'esplosione in forza della repentina espansione e combustione di qualunque materia volatile ed accensibile che entri nei suoi costituenti.

IX.

Vi è un altra ipotesi sommamente plausibile ed ingegnosa, suggerita da Poisson, l'eminente geometra francese, per spiegare lo sviluppo di luce e di calore che si osserva nel passaggio dei bolidi traverso il firmamento. Egli affermò la probabilità dell'esistenza d'un atmosfera di elettricità circondante la terra esteriormente all'atmosfera d'aria. E suppose che il meteorolìte trapassando l'atmosfera elettrica scomponga il fluido elettrico esattamente come lo scompone lo strofinarsi dei cuscinetti contro il vetro in una macchina elettrica e che per questa scomposizione si svolga luce e calore.

Si può dunque ammettere che tutte le ipotesi surriferite spieghino con eguale felicità lo svolgimento di luce e di calore; e che reciprocamente in quanto concerne questi effetti, tutte siano soggette alle stesse obiezioni e alle stesse difficoltà.

Esaminiamole quindi partitamente e vediamo quanto servano a spiegare il fenomeno sotto altri rispetti.

X.

L'ipotesi atmosferica è soggetta ad obiezioni così invincibili che si può ritenerla messa affatto in disparte. Per supporre probabile che gli aerolìti si formino nell'atmosfera, bisogna dimostrare che vi si trovano gli elementi che li costituiscono. Si ammette che la grandine e la neve si formino nell'aria, perchè si può provare che vi è sospeso il vapor d'acqua e che talvolta vi si produce una temperatura abbastanza bassa da convertire quel vapore, prima allo stato liquido, e poi nella forma solida di neve e di gragnuola. Ma l'analisi più rigorosa non ha mai scoperto nell'atmosfera nessuno dei componenti delle pietre meteoriche, nè si possiede nessun argomento per vedere che i principj componenti dell'aria possano sciogliere, vaporizzare o volatilizzare quelle sostanze. Nè si potrebbe rispondere

che sebbene l' atmosfera da cui siamo immediatamente circondati non abbia siffatte proprietà, pure, alle grandi elevazioni a cui si formano gli aerolìti l' aria potrebbe essere composta di elementi differenti; perchè, oltre il fatto riconosciuto coll' analisi diretta, che l' atmosfera, a tutte le altezze a cui l' uomo ha potuto sollevarsi, si compone esattamente degli stessi elementi, ed esattamente nelle stesse proporzioni, vi è anche una legge generale applicabile a tutte le sostanze gasose, che quando differenti gas si trovano sovraposti, nonostante le differenze di leggerezza specifica, finiscono a mescolarsi in modo da costituire una massa uniforme; per cui, se si imaginasse per un momento, che ai limiti dell' atmosfera esistesse uno strato d' aria composto di elementi differenti da quelli dell' aria che ne circonda, quello strato dovrebbe mescolarsi a poco a poco cogli strati inferiori, finchè tutta l' atmosfera divenisse di uniforme qualità. È quindi naturalmente impossibile, che in qualche elevata regione dell' atmosfera esistano delle sostanze capaci di deporre o di sublimare la materia dalle pietre meteoriche.

A queste obiezioni se ne ponno aggiungere altre. Quantunque si possa ammettere, secondo le argomentazioni di Arago, che i principj costituenti degli aerolìti si trovino realmente nell'atmosfera e che non isfuggano alle analisi che in causa dell' estrema loro minutezza, resterebbe ancora a spiegarsi la repentina precipitazione di elementi così tenui e dispersi, che producesse pietre del peso di parecchie centinaja di libbre, come quelle che si conservano ad Ensenheim in Alsazia, o da 3000 a 4000 pietre di varie dimensioni come quelle separate e staccate dalla meteora dell' Aigle, di cui ora verremo a discorrere. Bisognerebbe assegnare la causa che combina le sparse molecole per formarne una singola massa. Non è l' affinità, perchè gli elementi degli aerolìti non sono generalmente allo stato di combinazione, ma semplicemente agglomerati e tenuti insieme in giustaposizione. E pure, se non fossero soggetti a qualche attrazione reciproca, quei piccoli globuli dovrebbero cadere separatamente, appena si formino. Si opporrebbe inutilmente che potrebbero rimanere sospesi per un tempo più o meno lungo, per una causa analoga a quella che nell' ingegnosa ipotesi di Volta tiene librate fra due nubi le particelle della grandine, lasciando che si ingrandiscano per l' aggiunta di nuove deposizioni di ghiaccio. Resta ancora il fatto che non si sono mai visti i grani della gragnuola arrivare al peso di parecchie centinaja di libbre, sebbene gli elementi che li formano si trovino nell'aria in molto maggiore abbondanza di quelli da cui si suppongono formati gli aerolìti. Oltre a ciò, nella teoria di

Volta, la sospensione della grandine nell' aria, si fa dipendere dalla reciproca azione di due nubi elettrizzate, e questa causa non potrebbe similmente servire alla formazione degli aerolìti, perchè le meteore da cui sono trasportati scoppiano talvolta nel più limpido tempo.

Ed anche ammettendo tutto ciò, e ritenuto che gli aeroliti si formino nell'atmosfera per qualche agente sconosciuto; come rendere ragione delle circostanze che si verificano al loro incontrare la superficie della terra? Secondo questa teoria non si muoverebbero verso la terra che per la sola attrazione di questa e l'incontrebbero colla velocità corrispondente all' altezza da cui sono caduti. Ma le effettive velocità con cui si sa che urtano il suolo sono tali che non potrebbero mai essere acquistate, per effetto della sola gravità, da qualunque altezza cadessero entro gli ordinarii limiti dell' aria.

E se la velocità dei meteorolìti è incompatibile con questa teorìa, la loro direzione lo è ancora di più. Nessuna corrente atmosferica imaginabile sarebbe atta a produrre quelle obbliquità.

Con tutta certezza si può dunque giudicare che l'ipotesi atmosferica sia inconciliabile colle circostanze verificate del fenomeno, e che esiga concessioni inamissibili secondo i principii fisici dimostrati.

XI.

La teoria vulcanica soggiace ad obiezioni altrettante decisive. La natura delle sostanze eruttate dai vulcani terrestri è notissima, e fra queste non si trovano quelle che formano i costituenti dei meteorolìti; inoltre le pietre meteoriche cadono in parti della terra così lontane dai vulcani, e in epoche così lontane da quelle delle più vaste eruzioni conosciute, che torna impossibile di ammettere l' ipotesi che siano derivate da questa causa. Per queste ed altre ragioni, su cui non importa arrestarci, la teoria vulcanica è messa in disparte.

XII.

L' ipotesi lunare fu sostenuta seriamente da molti dei geometri più distinti del secolo scorso. Chladni asserisce che la possibilità d' una simile origine degli aerolìti, fosse ennunciata la prima volta da Paolo Maria Terzago, fisico italiano, nel 1660. Il dott. Olbers, ignaro di questa antica congettura, fece rivivere l' ipotesi nell' oc-

casione della gran pioggia di aerolìti avvenuta a Siena, il 16 giugno 1794. Nell'anno seguente, questo astronomo si fece a ricercare con quale forza dovrebbero essere stati projettati questi corpi da un cratere lunare, per passare dalla sfera d'attrazione della luna, in quella della terra. Lo stesso problema impegnò in seguito l'attenzione di Laplace, Biot, Brandes e Poisson per molti anni. Si riteneva allora che, malgrado la mancanza d'aria a di acqua, esistessero dei vulcani lunari in attività.

A questa idea aggiungeva qualche consistenza un fenomeno rimarchevole che parecchi osservatori affermarono di avere veduto nel disco scuro della luna, durante gli ecclissi lunari. Essi videro, o imaginarono di vedere, delle macchie chiare di viva lucentezza a distanza non trascurabili entro la periferia lunare. Questa apparenza, se era vera, non si poteva spiegare che con vulcani lunari in attività, o colla supposizione improbabile che traverso la luna vi fossero dei fori da cui passasse la luce solare. La supposizione di qualsiasi altra origine, per esempio di un aurora boreale, era scartata dalla mancanza ammessa di un'atmosfera.

Laplace, Biot e Poisson giunsero a risultati concordi sulla velocità con cui questi corpi avrebbero dovuto essere projettati dalla luna per giungere alla terra. Questa velocità sarebbe di circa 8000 piedi al secondo. Ma Olbers dimostrò, che sebbene una tal forza impulsiva li avrebbe potuto far arrivare alla terra, essa non avrebbe impressa ai medesimi, nell'arrivarvi, una velocità maggiore di 35,000 piedi al secondo, cioè due o tre volte minore di quella con cui si è trovato che gli aerolìti urtano il suolo.

Laplace, sebbene non senza grande esitanza, inclinava piuttosto all'ipotesi lunare che alla planetaria. Ma allora non era così ben constatata, come lo fu più tardi, la prodigiosa rapidità con cui gli aerolìti fendono l'atmosfera.

Infine, la considerazione di queste grandi velocità in un colla grande improbabilità che nella luna vi siano dei vulcani in attività, improbabilità sommamente cresciuta se non anche mutata in impossibilità dopo i larghi studi selenografici e le osservazioni dei sig. Beer e Madler, decise l'opinione del mondo scientifico su questa quistione così lungamente agitata e l'ipotesi lunare, come le altre, fu messa in disparte di comune accordo.

XIII.

Si convenne perciò generalmente di ritenere l'ipotesi planetaria come la vera soluzione del problema degli aeroliti.

Ritenendo quindi stabilito su basi soddisfacenti che gli aeroliti siano corpi planetarii incontrati dalla terra nel suo giro annuo intorno al sole, restano ad esaminarsi più minutamente le circostanze peculiari delle loro apparizioni, in modo di formarcene una nozione più esatta e speciale.

Ammetteremo, ciò che in seguito risulterà evidentissimo, che questi corpi siano identici colle stelle cadenti. Fra le numerose memorie, antiche e moderne, di rimarchevoli apparizioni di tali corpi, sceglieremo le seguenti come degne di attenzione.

XIV.

Secondo gli storici Arabi, nella notte della morte del re Ibrahim-ben-Ahmed, nell'ottobre 902, avvenne una gran pioggia di stelle cadenti, che venne descritta come somigliante ad una pioggia di fuoco.

Si ha memoria che la notte del 25 aprile 1095 innumerevoli testimonii videro in Francia cadere le stelle « dal cielo fitte come grandine » ed il Concilio di Clermont segnalò il terribile fenomeno come presagio di gran movimento nella Cristianità.

Il 19 ottobre 1202, fu notato che le stelle caddero per tutta la notte come una pioggia di locuste.

Nel *Chronicon Ecclesiæ Pragensis* a pagina 389, è registrato che il 21 ottobre 1366, si videro per parecchie ore del mattino cadere le stelle in numero così grande che nessuno poteva contarle.

XV.

Humboldt racconta che un suo amico, abituato alle esatte misure trigonometriche, vide, nel 1788, a Papayana, città situata a 2° 26′ lat. N., ad un elevazione di 5,880 piedi, a mezzogiorno e mentre il sole splendeva in un cielo senza nubi, la sua camera pienamente rischiarata da un globo di foco. In quel momento egli stava in piedi colle spalle volte alla finestra, ed essendosi voltato, una gran parte della traccia segnata dalla meteora era ancora visibile e marcata brillantemente.

Dopo la mezzanotte del 12 novembre 1799, Humboldt e Bonpland videro a Cumana una pioggia prodigiosa di stelle cadenti. Questo fenomeno non era locale, ma fu visto in gran parte della terra.

XVI.

Nella notte del 12 novembre 1822, Klöden vide a Potsdam delle stelle cadenti in gran numero, mescolate a globi di foco.

Nella notte del 13 novembre 1831, il capitano Berard della flotta francese, che comandava il brig Le Loiret, vide alle coste spagnuole presso Cartagena del Levante, in un cielo perfettamente sereno, a quattr'ore del mattino, un numero riguardevole di stelle cadenti e di meteore luminose di grandi dimensioni. Continuarono a cadere per più di tre ore, nel rapporto medio di circa tre al minuto, per cui in quell'intervallo devono esserne apparse 540. Una di queste meteore che passò allo zenith, era specialmente rimarchevole perchè aveva una coda luminosa della larghezza di metà di quella della luna, in cui si distinguevano chiaramente tutti i colori dell'irride. La coda seguitò ad essere visibile per più di sei minuti.

XVII.

Una delle descrizioni più interessanti di simili fenomeni è quella pubblicata dal dottor Olmsted di Newhaven, nel Massachusetts agli Stati Uniti, in cui sono esposti i dettagli delle magnifiche pioggie di stelle, avvenute agli Stati Uniti nella notte dal 12 al 13 novembre 1833.

Le meteore cominciarono a destare l'attenzione per la loro frequenza verso le 9 di sera del 12 novembre; il fenomeno si fece sorprendentemente brillante circa le 11, ma raggiunse il massimo splendore verso le quattro e continuò con pochissima intermittenza finchè l'oscurità fu vinta dalla luce del giorno. Dopo sorto il sole si videro alcuni grandi globi di foco. Non si conosce per quanta estensione si vedesse il fenomeno, ma fu certo sopra una parte non trascurabile della superficie terrestre. Venne osservato dalla longitudine 61° nell'Oceano Atlantico alla longitudine 100° nel Messico centrale e dai laghi dell'America settentrionale alla riva meridionale dell' isola di Giammaica. Dovunque, entro questi limiti, la prima apparenza del fenomeno fu quella di fuochi d' artificio della più imponente grandezza, i quali coprivano tutta la volta celeste con miriadi di globo di foco simili a razzi. Dietro la più attenta osservazione, si trovò che le meteore presentavano tre distinte varietà: la prima si componeva di *linee fosforiche* apparentemente descritte da un punto; la seconda di *grandi globi di foco* che ad intervalli si lanciavano lungo il cielo, lasciando numerose code che talvolta seguitavano a vedersi per alcuni minuti dopo e tal altra per mezz'ora e più; la terza di *corpi luminosi* indefiniti, che per molto tempo restavano quasi stazionarii.

Una delle circostanze più rimarchevoli fu che tutte le meteore sem-

bravano emanare da un solo e medesimo punto. Partivano a differenti distanze da questo punto e si movevano con immensa velocità descrivendo talora in meno di quattro secondi un arco di 30° a 40°. A Poland, sull'Ohio, una meteora (della terza varietà) fu visibile distintamente a nord-est per più di un'ora. A Charleston, nella Carolina meridionale, se ne vide scorrere nel cielo per maggior tempo un'altra di straordinaria grandezza, e la si udì poi scoppiare col fragore d'un colpo di cannone. La posizione fra le stelle del punto da cui sembravano emanare le meteore, venne fissata nella costellazione del Leone; e, ciò che è rimarchevolissimo, quel punto rimase *stazionario* fra le stelle per tutta la durata dell'osservazione; vale a dire, non si mosse insieme alla terra nel di lei movimento diurno verso l'est, ma seguì gli astri nel loro apparente avanzarsi ad occidente. Non è certo se in generale le meteore siano accompagnate da qualche suono particolare. Alcuni osservatori raccontarono di aver udito un sibilo, come quello prodotto da un razzo nel fendere l'aria, e leggiere esplosioni simili allo scoppio d'un razzo. Nè appare che sia giunta a terra qualche sostanza che si potesse riconoscere chiaramente come residuo o deposito delle meteore.

XVIII.

Si cercò di assegnare, almeno per approssimazione, il numero delle stelle cadenti apparse in questa circostanza. Mentre si presentavano in maggior copia, un osservatore di Boston le stimò a circa la metà del numero di fiocchi di neve presentati da una densa procella di neve. Quando divennero notevolmente meno fitte, cosicchè si potevano osservare distintamente, ne contò 650 in quindici minuti in una zona verticale della larghezza di 36° degli azimuth; ma stimò che questo non fosse più di due terzi del numero totale di quelle apparse realmente in quell'intervallo, cosicchè il loro numero totale sarebbe stato 1000, e supposto che fossero uniformemente distribuite su tutto l'emisfero, il numero di quelle che si vedevano ad ogni quarto d'ora sarebbe stato di 10,000 e quindi di 40,000 in un'ora; e siccome il fenomeno durò sette ore il loro numero totale deve aver sorpassato di molto 280,000, giacchè il calcolo si fondava sulle osservazioni fatte quando la loro densità era ben lungi dall'arrivare al massimo.

Si può quindi inferire che in questa memorabile notte dal 12 al 13 novembre 1833, trapassarono quella parte di atmosfera terrestre, che era visibile a Boston, 300,000 masse appartenenti al sistema solare e straniere alla terra.

XIX.

Dalla grandezza apparente di molte di queste mèteore e dalla loro distanza probabile si congetturò che fossero corpi di grandissime dimensioni, sebbene riuscisse impossibile di apprezzarle con qualche sicurezza. Si suppose che si fermassero nell'atmosfera e fossero impedite di toccar terra dal comunicar il loro moto a colonne d'aria, di cui sposterebbero repentinamente e violentemente ampii volumi. È da notarsi che lo stato del tempo, e le condizioni della stagione successiva alla pioggia meteorica, furono appunto quelle che si potevano prevedere dopo queste circostanze disturbatrici dell'equilibrio dell'atmosfera. Tali furono le considerazioni a cui diede argomento questo rimarchevole fenomeno.

Meteora della sera di Domenica, 13 *Novembre* 1803. *Globi minori tinti di giallo ranciato e di porpora. Circa un secondo e mezzo prima di scomparire assumeva la figura di un uovo.* — Fil. Mag. vol. XVII.

Capitolo II.

I. Calcolo di Encke sulla direzione delle stelle cadenti vedute dal 1833 al 1838. — II Grandezza apparente di questi oggetti. — III. Lo strascico luminoso che li segue non è un'illusione ottica. — IV. Ipotesi proposta per spiegarlo. — V. Altezze, direzioni e velocità delle stelle cadenti, calcolate da Brandes. — VI. Le stesse calcolate da Quetelet. — VII. Le stesse calcolate da Wartmann. — VIII. Identicità delle stelle cadenti e dei globi di foco. — IX. L'origine lunare è rifiutata. — X. Spiegazione ammessa dal fenomeno. — XI. Difficoltà ed obiezioni. — XII. Descrizione della gran pioggia di stelle di cui furono testimonii nel 1799 Humboldt e Bonpland. — XIII. Descrizione di pioggie consimili avvenute dal 1833 al 1840 — XIV. Meteore di Agosto. — XV. Halley suggerisce di valersi di queste meteore per determinare le longitudini. — XVI. Tavola di stelle cadenti dal 763 al 1837. — XVII. Illazioni che se ne derivano. — XVIII. Osservazione di Sir G. Herschel nel 1836. — XIX. Di Wartmann nel 1837. — XX. Di Tharand nel 1832. — XXI. Epoche annue di massima frequenza di queste meteore. — XXII. Perchè queste masse non siano rese visibili come la luna ed i pianeti dalla luce solare riflessa. — XXIII. Luce zodiacale. — XXIV. La materia nebulosa che la produce può dar origine a stelle cadenti. — XXV. Le stelle cadenti possono diventare satelliti della terra. — XXVI. M. Petit pretende di averne scoperto uno. — XXVII. Pietre solari.

I.

Il Professor Encke istituì un calcolo basato su tutta la collezione delle osservazioni fatte sulle meteore apparse agli Stati Uniti nel

Novembre 1833, in una estensione territoriale racchiusa fra le latitudini 35° e 42°, dal quale conchiuse che tutte quelle meteore avevano una direzione comune e che il loro movimento era precisamente contrario a quello di cui era dotata la terra al momento della loro apparizione. Nelle grandi pioggie di stelle cadenti osservate poi nel Novembre del 1834, 1837 e 1838 si constatò lo stesso parallelismo generale delle direzioni dei loro moti e come prima si osservò che parevano dipartirsi da un certo punto nella costellazione del Leone. Un simile parallelismo di direzioni venne osservato nelle pioggie di stelle cadenti avvenute in altre epoche dell'anno e si riconobbe che quelle che riappajono nello stesso mese hanno sempre la medesima direzione.

Il 13 Novembre 1834 si osservò nell'America settentrionale una simil pioggia di stelle cadenti, però assai meno considerevole quanto al numero.

Il 13 Novembre 1835 cadde un meteorolite in Francia, nel dipartimento dell'Ain che mise fuoco ad un granajo.

La stessa notte fu veduta a Lilla una stella cadente più grande e più fulgida di Giove. Lasciavasi dietro una coda di scintille, simile a quella emessa da un razzo.

II.

Qualunque sia l'origine del fenomeno delle stelle cadenti, non ponno essere prive di interesse le principali circostanze che le risguardano, raccolte dall'osservazione.

Le loro grandezze apparenti sono svariatissime. Talora sono più grandi e più lucenti delle minime stelle visibili ad occhio nudo e talora sorpassano in splendore i più brillanti pianeti. Talvolta si può riconoscervi distintamente la forma globulare e non sono distinguibili dalle meteore chiamate globi di foco.

III.

Sembra che di stelle cadenti ne appajano in ogni clima ed in qualunque stato del tempo. Si vedono accidentalmente in tutta le stagioni dell'anno, ma più frequentemente in estate o sul finire dell'autunno. Solitamente appajono seguite da una coda luminosa d'una vivissima luce bianca.

È naturale la domanda se questa sia realmente una linea fisica continua di luce, o se piuttosto non deva ascriversi alla stessa causa per

cui ci sembra vedere una intera periferia luminosa quando si giri rapidamente a cerchio un tizzo acceso. In questo caso la circonferenza di luce non è reale, perchè l'effetto è un illusione ottica. Si riconobbe infatti che la membrana dell'occhio che è affetta della luce, conserva l'impressione ricevuta per circa un decimo di secondo dopo che ha cessato di agire la causa che l'ha prodotta. In conseguenza di ciò seguitiamo a vedere un oggetto in quella posizione per un decimo di secondo dopo che l'ha abbandonato. Se un oggetto luminoso percorre un certo spazio in un decimo di secondo, l'occhio dovrà vederlo simultaneamente in qualunque parte di quello spazio, e perciò questo spazio gli apparrà come una striscia continua di luce.

Ora se lo strascico luminoso che rimane visibile dopo una stella cadente, abbraccia uno spazio percorso dalla stella in un decimo di secondo, può darsi che sia un illusione, non essendo che l'effetto ottico del rapido passaggio della stella. Ma se invece lo spazio abbracciato è più grande, o se la striscia continua a vedersi per più di un decimo di secondo dopo che la stella è passata per il suo luogo, allora non si può farla dipendere dal principio esposto e bisogna ammettere che sia una striscia luminosa reale. Ora gli osservatori delle meteore affermano che queste code seguitano a vedersi qualche volta per alcuni minuti. Il Dr. Olbers nel caso di veri globi di foco osservò delle code che seguitarono a vedersi per sei o sette minuti, e Brandes calcolò una volta a quindici minuti il tempo trascorso fra l'estinguersi del globo di foco e lo sparire della striscia luminosa. L'Ammiraglio Krusenstern, in un viaggio intorno al globo, vide la coda un globo di foco che continuò a splendere per un ora dopo che il globo era scomparso, restando quasi stazionaria per tutto questo tempo.

Queste code in generale mostrano la stessa forma tubulare cilindrica di quelle delle comete, parendo che il loro interno sia vuoto di materia luminosa, ed assumono qualche volta una figura ricurva, offrendo così un nuovo tratto di somiglianza colle code delle comete.

IV.

Sono varie e discordi le maniere con cui si cercò di spiegare queste code luminose. Alcuni le attribuirono ad un vapore oleoso-solfureo esistente nell'atmosfera, che, essendo disposto in istrati sottili, e venendo infiammato, presenterebbe l'apparenza di una scintilla brillante trascorrente rapidamente da un punto all'altro. Beccaria e Vassalli le consideravano come serie di scintille elettriche: questa ipotesi venne però abbandonata. Lavoisier, Volta ed altri spiegavano queste me-

teore supponendo che venisse infiammato il gas idrogeno raccolto per la sua leggerezza specifica nelle regioni più elevate dell'atmosfera. Ma la legge generale dei gas, per cui tendono a mescolarsi nonostante l'effetto delle loro gravità specifiche pone l'ipotesi fuori di quistione.

V.

Brandes a Lipsia e Benzenberg a Dusseldorf intrapresero nel 1798 una ricerca sull'altezza delle stelle cadenti. Scelta una base (della lunghezza di quasi nove miglia), si posero alle estremità di questa in notti prestabilite, e osservarono tutte le stelle cadenti che apparivano tracciandone il corso che seguivano su carte celesti, e notando gli istanti delle loro apparizioni e delle estinzioni coll'ajuto di cronometri previamente raffrontati. La differenza delle trajettorie segnate sulla volta celeste forniva i dati per determinarne le parallassi e quindi le altezze e le lunghezze delle orbite. Il numero delle stelle vedute da entrambi gli osservatori in sei sere, dal Settembre al Novembre, fu 402; delle quali ne vennero individuate 22 come osservate da entrambi in modo da potersene valutare l'altezza che avevano a partire da terra nell'istante della loro estinzione. La minima di queste altezze fu di sei miglia inglesi. Ve ne erano poi 7 al di sotto di 45 miglia; 9 fra 45 e 90; 6 al di sopra di 90 e le maggiori superavano 140 miglia. Due sole si poterono osservare compiutamente in modo di assegnarne la velocità. Una diede 25 miglia, l'altra da 17 a 21 miglia per minuto secondo. Il risultato più degno di nota fu che si osservò che una di esse certamente non *cadde* ma si allontanò dalla terra in una certa direzione.

Da queste osservazioni si ottenne per la prima volta un idea precisa delle altezze, distanze e velocità di queste meteore singolari. Un piano di osservazioni simile ma più esteso venne organizzato nel 1823 da Brandes, ed attuato a Breslavia e nelle città circostanti da un numero riguardevole di persone che osservavano contemporaneamente a notte determinate. Fra l'Aprile e l'Ottobre vennero notate nei differenti luoghi circa 1800 stelle cadenti — delle quali si trovò che 62 erano state osservate simultaneamente a più d'una stazione in modo da poterne assegnare le altezze rispettive, e che per 36 altre, le osservazioni offrivano i dati per calcolarne le orbite intere. Di queste 98 si calcolò che le altezze (nel momento dell'estinzione) fossero: di 4 al di sotto di 15 miglia inglesi; di 15 tra 15 e 30 miglia; di 22 tra 30 e 45; di 33 tra 45 e 70; di 13 tra 70

e 90 e di 11 più di 90 miglia. Di queste ultime 2 avevano un altezza di circa 140 miglia, 1 di 220, 1 di 280 e ve ne fu una la cui elevazione fu stimata che sorpassasse 460 miglia.

Su 36 orbite calcolate, il movimento era diretto per 26 all' ingiù, per una orizzontalmente e per le nove rimanenti più o meno all' insu. Le velocità variavano dalle 18 alle 36 miglia per secondo. Spesso le trajettorie non erano rettilinee ma curvilinee, qualchevolta orizzontali e qualche altra verticali, e in qualche caso di forma serpentina. La direzione predominante nel moto delle meteore, da nord-est a sud-ovest, e quindi contraria a quella della terra nella sua orbita, riusciva assai rimarchevole ed importante in relazione alla loro teoria fisica.

VI.

Nel 1834 si eseguì nel Belgio un simile sistema di osservazioni sotto la direzione di Mr. Quetelet, ed i risultati vennero pubblicati nell' *Annuaire de Bruxelles pour* 1837. La cura principale di Mr. Quetelet era volta a determinare le velocità delle meteore. Egli ottenne sei osservazioni corrispondenti, dalle quali si poteva desumere questo elemento i cui risultati variavano da 10 a 25 miglia inglesi per secondo. La media dei sei risultati dava una velocità di circa 17 miglia per secondo, cioè poco meno della velocità della terra nella sua orbita.

VII.

Altre osservazioni coordinate compiute in Isvizzera, il 10 Agosto 1838, ed il Sig. Wartmann offrì una relazione circonstanziata nella *Corrispondenza matematica di Quetelet, per il Luglio* 1839. Il Sig. Wartmann e cinque altri osservatori, muniti di carte celesti, scelsero per stazione l' Osservatorio di Ginevra e si eseguirono osservazioni corrispondenti a Planchettes, villaggio circa sessanta miglia a nord-est di quella città.

Nell' intervallo di sette ore e mezza, i sei osservatori di Ginevra osservarono 381 meteore, e in cinque ore e mezza due osservatori a Planchettes ne osservarono 104. Si notarono diligentemente tutte le circostanze del fenomeno — il luogo dove era apparsa, e quello dove era sparita ciascuna meteora, il tempo per cui era stata visibile, il suo splendore in confronto alle stelle fisse, se era seguita da una coda, ecc —. Le trajettorie descritte dalle meteore erano differentissime

variando da 8° ad 70° di spazio angolare. Anche le velocità apparenti differivano notevolmente; però il Sig. Wartmann ritenne la velocità media di 25° per secondo. Dal paragone delle osservazioni simultanee risultò che l'altezza media da terra era di circa 550 miglia: e da ciò si calcolò a circa 240 miglia al secondo la velocità relativa. Ma siccome per la massima parte si muovevano in direzione opposta a quella della terra nella sua orbita, questa velocità relativa si doveva diminuire della velocità del moto della terra (circa 19 miglia al secondo): restano così più di 220 miglia per secondo, come velocità assoluta della meteora, cioè più di undici volte la velocità del moto della terra; più di sette volte e mezza quella del pianeta Mercurio, e probabilmente maggiore di quella di moltissime comete al perielio.

VIII.

Tali sono i fatti principali raccolti circa l'altezza, le velocità e le orbite delle stelle cadenti: ed è principalmente da questi che siamo posti in grado di formare qualche congettura probabile sulla loro origine. E siccome attualmente è provato che non corre differenza di sorta fra le maggiori stelle cadenti ed i piccoli globi di fuoco. avendo tanto le prime che i secondi altezze e velocità simili, e presentando affatto le medesime apparenze, possiamo ritenere che siano della stessa natura e che tutto quanto si possa dimostrare rispetto ai globi di fuoco abbia ad applicarsi egualmente alle più grandi stelle cadenti. È dubbia la quistione se le apparenze meteoriche indicate con quest'ultima denominazione, non possano comprendere anche oggetti di natura totalmente diversa. Può darsi che fra le stelle cadenti ve ne siano di quelle che consistano in semplici scintille elettriche, o che traggano la loro origine da gas, conosciuti o non conosciuti infiammabili spontaneamente, sparsi nell'atmosfera; ma per il maggior numero si devono riguardare identiche ai globi di foco.

IX.

L'ipotesi lunare, messa in campo da Laplace, Berzelius ed altri per spiegare le pietre meteoriche, sembra implicare serie difficoltà se non è anzi affatto incompatibile col fenomeno delle stelle cadenti. Per entrare nella nostra atmosfera colla velocità di 20 miglia al secondo, venendo dalla luna, bisognerebbe che fossero state scagliate dalla sua superficie colla velocità di circa 120,000 piedi al secondo, ciò che si può ritenere impossibile.

Appare dunque, che non si può ritenere, neanche colla minima probabilità, che quelle stelle cadenti e quei globi di fuoco che posseggono la velocità planetaria di 20 a 40 miglia al secondo, derivino dalla luna. Se qualcuno di questi corpi, in particolare, dotato di velocità minore, possa avere l'origine lunare è una quistione che non si può risolvere con sicurezza. « A me, sembra affatto improbabile », dice il dottor Olbers, « e, nelle sue presenti circostanze, ritengo che la luna sia un vicino estremamente pacifico, in cui, per la mancanza di acqua e d'atmosfera, non si possano produrre forti esplosioni. »

X.

L'ipotesi suggerita per la prima volta da Chladni è quella che fu accolta col massimo favore, essendo stata adottata dai più distinti astronomi viventi per spiegare questi fenomeni. Essa consiste nel supporre che oltre i grandi pianeti, esistano nelle regioni planetarie delle miriadi di piccoli corpi circolanti intorno al sole, generalmente in zone, e che alcune di queste zone intersechino l'ecclittica e siano quindi incontrate dalla terra nelle sue rivoluzioni annue. A questa teoria si oppongono delle difficoltà, fra cui le principali sono le seguenti:

XI.

Dapprima, che dei corpi che si muovono in gruppi nelle circostanze supposte, devano di necessità avere la stessa direzione, e che in conseguenza debbano apparire da un punto e dirigersi al punto opposto. Ora, sebbene le osservazioni tendano a provare che la direzione predominante sia da nord-est a sud-ovest, pure in una stessa notte si osservano delle stelle cadenti spuntare da tutti i punti del cielo e muoversi in tutte le direzioni possibili.

Secondariamente, la loro velocità media (quella in ispecie assegnata da Wartmann) supera di molto quella che può avere qualunque corpo circolante intorno al sole alla distanza della terra.

In terzo luogo; dall'aspetto, dalla striscia luminosa che di solito si lasciano dietro, e che spesso continua a vedersi per parecchi secondi, talvolta per interi minuti, ed anche dall'essere situate nell'ombra della terra, e ad altezze molto superiori a quelle a cui si può ritenere che l'atmosfera mantenga la combustione, è manifesto che la loro luce non è quella del sole da esse riflessa; che devono quindi essere luminose per sè, ciò che è in opposizione con qualunque analogia col sistema solare.

In quarto luogo: se delle masse solide si accostano tanto alla terra, come fanno molte stelle cadenti; qualcuna di loro dovrebbe inevitabilmente esserne attratta; pure, delle migliaia di stelle cadenti osservate, non si dà un esempio autentico di una che sia realmente giunta a terra.

In quinto luogo, si osservò che invece di essere meteore attratte dalla terra, alcune di loro in realtà si dirigevano verso l'alto, e descrivevano orbite convesse verso la terra, circostanza di cui in questa ipotesi sembra difficile di dare una spiegazione ragionevole.

Da queste difficoltà che si ponno obiettare a qualunque delle ipotesi finora proposte, è facile argomentare quanto poco si sia potuto sapere in realtà sulla natura delle stelle cadenti. È certo che appajono a grandi altezze sulla terra, e che si muovono con velocità prodigiosa, ma ogni altra circostanza che le risguardi è avvolta in profondo mistero. Dal complesso dei fatti, il signor Wartmann opina che la conclusione più ragionevole che se ne possa trarre, sia che probabilmente le meteore abbiano origine da uno sviluppo di elettricità o di altra sostanza analoga, che si verifichi nelle regioni celesti tutte le volte che si rinnovino le condizioni necessarie a produrre il fenomeno.

La presunzione in favore dell'origine cosmica delle stelle cadenti si fonda principalmente sulla loro ricorrenza periodica ad epoche determinate dell'anno, e la straordinaria vastità che il fenomeno ebbe in varii anni nelle notti del 12 o del 13 di Novembre.

Esporremo qui le circostanze principali che si verificarono in quelle del 1799, le quali pongono affatto fuori di discussione l'idea di un origine *lunare*.

XII.

La mattina del 12 Novembre 1799, prima dell'aurora, Humboldt e Bonpland, che allora si trovavano sulle coste del Messico, furono testimonii di una rimarchevole apparizione di stelle cadenti e globi di fuoco. Esse occupavano la parte di cielo che si stende dall'est preciso a circa 30° tanto verso nord che verso sud. Sorgevano dall'orizzonte fra i punti est e nord est, descrivevano archi di diseguali ampiezze e cadevano verso sud: alcune di loro salivano all'altezza di 40° tutte a più di 25° o 30°. Molte sembrava che scoppiassero, ma per la massima parte, sparivano senza emettere scintille; alcune avevano un nucleo apparentemente eguale a Giove. Questo magnifico spettacolo fu veduto contemporaneamente a Cumana, sulle rive del

Brazil, nella Guiana Francese, nel canale di Bahama, sul continente dell'America Settentrionale, nel Labrador e nella Groenlandia; ed anche a Carlsruhe, Halle e in altri luoghi della Germania si videro lo stesso giorno molte stelle cadenti. Sembra le meteore apparissero più vicine a terra a Nain ed Hoffenthal nel Labrador ed a Neuernhut e Lichtenau in Groenlandia. A Nain cadevano verso tutti i punti dell'orizzonte e alcune di esse avevano un diametro che gli spettatori stimarono di mezza a una. Vedi *Recueil des Voyages ecc.*, di Humboldt, vol. II°.

XIII.

Uno spettacolo non meno stupendo vi fu nell'America del Nord, la notte del 12 Novembre 1833. Nel 1834 si verificarono simili fenomeni la notte del 13 Novembre: ma questa volta le meteore erano più piccole. Nelle notti del 13 Novembre degli anni 1835, 1836, e 1838 si osservarono in differenti parti del globo, delle stelle cadenti ma per quanto diligentemente si osservassero nelle stesse notti degli anni 1839 e 1840, non sembra che siano state più numerose che nelle altre notti di quella stagione dell'anno.

XIV.

L'altra grande epoca meteorica è quella del 10 Agosto, indicata la prima volta da M. Quetelet, e sebbene in questa notte non si siano osservati spettacoli simili a quelli del periodo di Novembre, si hanno però molti esempi di ricorrenza del fenomeno. Nel 1838, 1839, e 1840, si osservarono stelle cadenti in gran numero tanto nel 9 che nel 10, ma in generale sembrano straordinariamente abbondanti nelle prime due settimane d'Agosto. Gli altri periodi che vennero rimarcati sono il 18 di Ottobre, il 23 o 24 di Aprile, il 6 e 7 di Dicembre, le notti del 15 al 20 di Giugno, ed il 2 di Gennaio.

XV.

Halley suggerì per il primo che le stelle cadenti potevano servire come segnali per determinare le differenze di longitudine mediante osservazioni simultanee, e Maskelyne nel 1783 publicò un giornale su tale argomento in cui chiamava l'attenzione degli astronomi su questi fenomeni, e chiaramente ne indicava questa applicazione. L'idea venne fatta rivivere nel 1802 da Benzenberg; ma finchè non

si consideravano che come fenomeni accidentali non si poteva sperare che avessero ad essere di molto vantaggio sotto questo rapporto, nell'astronomia pratica. Appena però, ne divenne probabile la periodicità il fenomeno acquistò un nuovo interesse e parecchi tentativi più recenti di determinare le longitudini in questa maniera, provarono che questo metodo non è da trascurarsi.

La probabilità della congettura che la causa dei fenomeni meteorici osservati nei mesi di Agosto e di Novembre consista in ciò che le regioni particolari del sistema solare, per cui passa la terra in quelle epoche, siano sedi di una straordinaria copia delle sostanze che compongono queste meteore, dipende in gran parte dal grado in cui l'osservazione potrà dimostrare che le meteore abbondino realmente in ciascuno di questi due periodi dell'anno.

XVI.

Con questa mira, abbiamo raccolte da varie fonti le date delle più importanti apparizioni atmosferiche di questa specie, dall'ottavo secolo fino ad ora. Nella tavola della pagina seguente, il giorno del mese quando è stato registrato, è posto nella colonna sotto il mese e nella linea dell'anno della ricorrenza del fenomeno. Quando si trova un asterisco sotto il mese, non è stata ricordata la notte particolare dell'apparizione, e questa non è notata che semplicemente come avvenuta.

XVII.

Vi sono registrate cinquantadue notti in cui le apparizioni furono grandiose al punto da restarcene una notizia particolare. Ventisei di queste occorsero fra l'8 ed il 15 di Agosto e tredici del 6 al 19 di Novembre. Così tre quarti delle notti menzionate corrispondono alle epoche in discorso.

Nel 1837 vi fu una specie di delusione per la circostanza dell'essersi veduta una quantità di meteore straordinariamente piccola nella notte dal 12 al 13, contro l'erronea opinione comune che si dovesse aspettarne in quella notte il ritorno periodico. Si vedrà però dalla tavola suddetta che queste apparizioni non si limitano assolutamente alla notte del 12; oltre a ciò, la notte del 12 fu così chiara a Parigi che non vi si vedevano le stelle di seconda grandezza per cui non si sarebbero potuto osservare nemmeno le meteore, supponendo pure che ne esistessero di eguale o di inferiore chiarezza. Si deve an-

che riflettere che il loro non apparire in un luogo determinato non prova che manchino nella nostra atmosfera. Possono prodursi durante il giorno o in una parte dell'atmosfera non visibile dal luogo in quistione. Per esempio, nel 1833 mentre erano un oggetto gene-

Anno	Gen.	Feb.	Marzo	Aprile	Magg.	Giug	Lugl.	Agost.	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.
763	..	..										
902	..	..	..	..	..	..	..	..	..			
1029	..	..	..	..	..	..	..					
1092	..	..	..	25								
1202	..	..	..	..	..	..	..	..	..	19		
1741	..	..	..	.	..	..	..	..	..	..	..	25
1777	..	..	..	..	..	17						
1779	..	..	..	..	..	..	..	9				
1781	..	..	..	..	.	..	..	8				
1784	..	..	..	..	..	..	27	9				
1785	..	..	..	..	..	..	27					
1798	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	7
1799	..	..	..	..	..	..	..	9	..	..	11	
1803	..	..	..	22								
1805	..	..	..	..	..	..	..	..	..	23		
1806	..	..	..	..	..	..	..	10				
1811	..	..	18	..	..	..	..	10				
1812	..	..	..	..	..	..	..	..			?	
1813	..	..	..	..	.	..	..	11	..	..	8	
1815	..	..	..	..	..	..	..	10	..	..		
1818	..	..	..	..	..	..	..	14	..	..	19	
1819	..	..	..	..	..	..	..	6				
1819	..	..	..	..	..	..	..	13				
1820	..	..	..	..	..	..	..	9	2		12	
1822	..	..	.	..	..	..	..	..	10	..	12	
1823	..	..	..	..	..	..	..	15		..		
—	..	..	..	..	..	..	..	10				
1824	..	..	..	..	..	..	..	14				
1826	..	..	..	..	.	..	..	14	..	..	6	
—	..	..	..	..	..	..	..	10				
1827	..	..	..	..	..	..	..	14				
1828	..	..	..	..	..	..	..	10				
1829	..	..	..	.	..	..	..	14				
1830	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	12	
1831	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	13	
1832	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	13	
1833	..	..	..	..	..	..	.	10	..	..	13	
1834	..	..	..	..	..	..	..	10	..	..	13	
1835	..	..	..	..	.	..	..	10	..	..	13	
1836	..	..	..	..	..	..	..	8	..	..	13	
—	..	..	..	..	..	..	..	10				
1837	..	..	..	..	..	..	..	10				

rale di terrore ai popoli d'America, non si attirarono che poca attenzione in Europa. Qualche altra volta all'incontro, appajono contemporaneamente nell'atmosfera in parti opposte del globo. Nel 1837 furono osservate dal bastimento Francese *Bonite* sulla parte opposta del globo mentre lo stesso giorno apparivano in gran numero in Europa.

XVIII.

La notte del 12 Novembre 1836, Sir Giovanni Herschel osservò queste meteore al Capo di Buona Speranza. Il loro numero non era gran che considerevole, ma il loro movimento presentava una manifesta regolarità: sembravano divergere da un centro o fuoco, che conservava una posizione fissa rispetto all'orizzonte ma non rispetto agli oggetti del firmamento. Questo punto, o centro, a cui convergevano le loro direzioni era a circa trenta gradi sull'orizzonte e sessanta gradi ad occidente del punto nord.

XIX.

La notte del 9 Agosto 1837 il Sig. Wartmann le osservò a Ginevra: se ne videro ottantadue in differenti parti del cielo dalle nove dopo mezzogiorno a mezza notte. Spesseggiarono maggiormente verso le dieci e allora parevano emanare da un centro o fuoco situato fra la stella *B* della costellazione di Boote e la stella *A* della costellazione del Dragone. Alle dieci e un quarto se ne videro ventisette rimarchevoli per una chiara luce azzurrognola. Altri osservatori in luoghi circonvicini e nella stessa notte ne contarono centoquarantanove in una parte del cielo dalle nove meno un quarto alle undici e mezza. Delle quali centoquarantanove meteore, tre avevano la figura di dischi o globi, di color rosseggiante del diametro di quattro a cinque minuti, cioè circa un sesto del diametro della luna; ventisei erano più brillanti del pianeta Venere e di fulgida bianchezza; le altre avevano l'aspetto di stelle dalla prima alla terza grandezza e i loro colori variavano fra il bleu il giallo ed il ranciato.

XX.

M. Tharand, ufficiale in ritiro a Limoges, narra che, la notte dell'11 Novembre 1832, gli operaj impiegati a gettare le fondamenta del ponte sul fiume Vienna, osservarono il firmamento brillante di meteore ciò che sulle prime li divertiva, ma dopo qualche ore il numero e lo splendore di quelle apparizioni luminose erano talmente cresciuti che furono colti da timor panico, e si lasciarono così atterrire che abbandonato il lavoro corsero alle loro famiglie gridando che era venuta la fin del mondo. Interrogati il giorno dopo in proposito, i loro racconti variavano a norma delle diverse impressioni

prodotte sulle loro immaginazioni. Alcuni dicevano di aver veduto torrenti di fuoco azzurro, altri di aver osservato barre di ferro rovente incrociantesi in tutte le direzioni; altri di aver osservato un immensa copia di razzi. Tutti concordavano nel dire che il fenomeno occupava tutte le parti del firmamento: che era cominciato ad undici ore continuando fino alle quattro di mattina.

XXI.

Pare che vi sia qualche ragione di supporre che il Novembre e l' Agosto non siano le sole epoche di annua ricorrenza di questi fenomeni. Arago aveva fatto sentire la probabilità di una ricorrenza periodica fra il 22 ed il 25 di Aprile. Humboldt ritiene che si possano assegnare altri periodi annui — dal 6 al 12 di Dicembre e Capocci indicò il 17 Luglio e dal 27 al 29 Novembre come altre date di probabile ricorrenza periodica.

Nella notte del 6 Dicembre, Brandt osservò e numerò 2000 stelle cadenti, e l' 11 Dicembre 1836, secondo Humboldt, avvenne un immensa piogga di aeroliti nel Brasile, presso il villaggio di Macao, e sulle rive del fiume Assu.

Capocci provò che nell'intervallo dal 1809 al 1839 erano avvenute dodici pioggie di aeroliti fra il 27 ed il 29 di Novembre, oltre ad altre nel 13 Novembre, nel 10 di Agosto e nel 17 di Luglio.

Insomma, si ponno ritenere come date di ricorrenza di queste meteore, le seguenti:

dal	22	al	25 Aprile
			17 Luglio
			10 Agosto
»	12	»	14 Novembre
»	27	»	29 Novembre
»	6	»	12 Dicembre

Da tutto ciò si può conchiudere che quelle parti dell'orbita, per cui passa annualmente la terra a queste epoche, sono intersecate dalle orbite di quei gruppi di corpi che passando vicino ad essa, presentano l'aspetto di stelle cadenti od aeroliti.

XXII

Dal fin qui detto si può tenere per dimostrato col massimo grado di probabilità, se non con certezza morale, che i fenomeni denomi-

nati stelle cadenti, globi di fuoco, e pietre meteoriche sono identici; che queste ultime che non appartengono alla terra, ma sono masse di materie moventesi come i pianeti negli spazii celesti, soggette alla gravitazione solare, che la terra le incontra accidentalmente, urtandole direttamente o avvicinandosi loro di tanto che siano fatte cadere dalla gravità, prima entro l'atmosfera e poi alla sua superficie; che le stelle cadenti che traversano il cielo senza cadere a terra, sono della stessa classe di corpi non urtati direttamente dalla terra, nè venuti a tanta vicinanza di questa da essere tratti alla sua superficie della sua attrazione.

Siccome si ritiene che questi corpi, entrando nell'atmofera, divengano luminosi per il calore svolto dalla repentina e violenta compressione dell'aria, può darsi che ne passino in numero sterminato, fuori dell'atmosfera, senza che si possano vedere non che osservare. Si potrebbe rispondere che allora sarebbero rischiarati dalla luce solare, a somiglianza della luna e dei pianeti e che diverrebbero visibili per tal modo. Però l'estrema loro piccolezza trascina a credere che non possano essere resi visibili dalla luce riflessa. In confronto dei pianeti, che ci riescono visibili coll'aiuto più dei potenti telescopi, osserva Sir G. Herschel, i sassi e le masse pietrose assai grandi e pesanti, non si potrebbero assomigliare che ai pulviscoli impalpabili nuotanti nell'aria illuminati da un raggio di luce che penetri per una piccola fessura in una camera buia. Ciò nonostante si afferma esservi memoria di alcuni casi in cui la luce del sole a mezzogiorno ed a cielo perfettamente sereno, venne sensibilmente oscurata per un certo tratto di tempo, ciò che si spiega supponendo che allora passasse uno stormo di pietre meteoriche fra il sole e la terra il quale intercettasse parzialmente la luce solare.

Una massa sassosa, del peso d'un centinaio di tonnellate, non riuscirebbe visibile alla distanza di ottocento o mille miglia, per quanto fortemente fosse illuminata dal sole.

XXIII.

Sir Giovanni Herschel ritiene probabile che il sole sia circondato da una massa di sostanza nebulosa più o meno estesa, come quella che si vede intorno a molte stelle, e che il fenomeno denominato luce zodiacale, come anche le pietre meteoriche e le stelle cadenti ne siano una manifestazione.

La luce zodiacale si spiega supponendo che il sole sia avvolto in una sferoide ovale di materia nebulosa, il cui asse maggiore coincida coll'equatore solare.

Nella fig. 2, SS rappresenta l'equatore del sole ed ABA'B' la massa ovale di materia nebulosa che lo avvolge, figurata per mezzo di

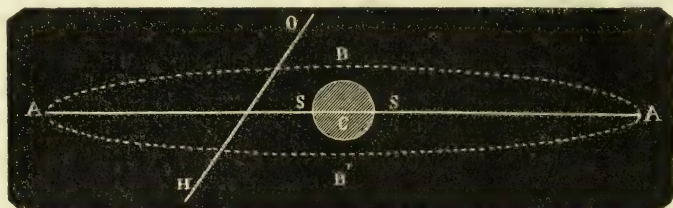



Fig. 2.

una sezione fatta da un piano passante per l'asse del sole, mentre la sezione fatta da un piano passante per l'equatore solare è un cerchio avente per diametro AA'.

Il semidiametro CA di questa massa lenticolare è quasi eguale a quello dell'orbita terrestre, cosicchè in certe epoche la terra ne rasenta i margini in A ed A' e probabilmente penetra fino ad un certo spessore nella materia nebulosa.

XXIV.

Supposta che la detta massa si componga in qualche parte di masse solide di piccole dimensioni può darsi che queste penetrino l'atmosfera terrestre, producendovi i fenomeni delle stelle cadenti, e può anche succedere che ne urtino la superficie o vi siano tratte dalla gravitazione terrestre, producendo i fenomeni delle pietre meteoriche.

L'apparenza della luce zodiacale è facile a spiegarsi. Rappresenti HO la retta secondo cui il piano dell'orizzonte interseca, dopo il tramonto, la nebula lenticolare. Allora OA'H si troverà sotto, ed OAH sopra l'orizzonte. La materia di OAH, essendo illuminata dal sole, sarà visibile in proporzione del suo potere riflettente. E la si vede di fatti quando la terra è in certe posizioni rispetto al sole. Somiglia ad una cometa pallida e mal definita e la si vede di solito dopo il tramonto nei mesi di Marzo, Aprile e Maggio e prima dell'aurora in quelli di Settembre, Ottobre e Novembre. Sembra un cono luminoso che si stenda dall'orizzonte obliquamente all'insù, come si è già detto, nella direzione dell'equatore solare, e perciò quasi in quella dell'ecclittica o dello zodiaco, motivo per cui la si chiama *luce zodiacale*. Il semidiametro AC sottende alla terra un angolo che varia da 40° a 90° secondo la posizione di questa. Qualche volta, dunque il vertice A è presso lo zenith, mentre il sole è sotto l'orizzonte.

La larghezza BB′ della base del sole sottende un angolo che varia da 8° a 30°.

La luce zodiacale appare molto smorta e mal definita alle latitudini elevate, ma la si vede più brillante e più chiara fra i tropici.

Secondo Herschel, si può congetturare che la sostanza costituente questo involucro nebuloso del sole non sia altra cosa che la parte più densa del mezzo, che per varie ragioni si crede che resista al moto delle comete, impinguato forse della materia delle code di milioni di tali corpi strappate loro nelle successive visite al sole. La luce zodiacale non può essere un' atmosfera del sole, secondo il significato di questo vocabolo, perchè l' esistenza di un involucro gasoso atto a propagare la pressione da una parte all' altra, soggetto al vicendevole attrito dei suoi strati e quindi rotante colla stessa, o con quasi la stessa velocità del corpo centrale e di tali dimensioni ed ellitticità, è affatto incompatibile colle leggi dinamiche. Se le sue particelle sono dotate d'inerzia, devono essere rispetto al sole nella relazione di minuti pianeti separati ed indipendenti di cui ciascuno abbia un orbita proprio, un proprio spazio di movimento ed un proprio tempo periodico. La massa totale essendo quasi nulla rispetto a quella del sole, non ponno avvenire perturbazioni reciproche, sebbene le collisioni fra quelle le cui orbite s'incrociano mutuamente, possono produrre nel corso di un tempo indefinito l'assorbimento almeno di qualche frazione della medesima nel corpo del sole o in quelli dei pianeti.

XXV.

Fra le circostanze supponibili del passaggio della terra vicino ad una di quelle masse, ve ne sono di tali in forza di cui questa massa diverrebbe un satellite della terra e la seguirebbe come la luna nel suo corso intorno al sole, e quando fosse grande a sufficienza sarebbe come questa resa visibile dalla luce riflessa. Ma siccome, per quanto consta finora, questi corpi sono troppo piccoli per poterli vedere in tal maniera alla distanza a cui potrebbero liberamente girare senza che la loro velocità fosse rallentata e poi estinta dalla resistenza dell' atmosfera, nè che fossero tratti al suolo dalla gravitazione terrestre, ne consegue che la terra può realmente essere seguita da centinaia di siffatte lune invisibili. Sir G. Herschel opina che non solo ne esistano, ma che alcune siano così grandi e di tale costituzione e solidità da risplendere per luce riflessa e diventare visibili (quelle almeno che siano assai vicine alla terra) per un breve istante, estinguendosi poi all'immergersi nell'ombra della terra, o in altre parole

sottostando ad un ecclisse totale. Sir Giovanni Lubbock sostiene anche la cosa avvenga così ed ha preparate delle regole e formole matematiche per calcolarne le distanze dietro osservazioni basate su questo principio.

XXVI.

M. Petit, Direttore dell'Osservatorio di Tolosa, fece osservazioni e calcoli di questa natura che lo indussero a conchiudere che vi sia almeno una pietra meteorica di considerabile grandezza attaccata alla torre come Satellite. L'orbita se ne trova a circa 5000 piedi dalla superficie di questa, e quindi a 9000 piedi dal centro, distandone così quasi ventisei volte meno della luna. Compie un'intera rivuluzione in tre ore e venti minuti, per cui fa quasi sette giri al giorno intorno alla terra.

XXVII.

Nell'enumerare le ipotesi che vennero proposte per spiegare il fenomeno degli aeroliti, abbiamo lasciato di accennarne una, che si può ritenere degna di menzione, non fosse per altra ragione, per la sua antichità. Siccome dalla supposta origine lunare di queste pietre venne loro il nome di *pietre lunari*, l'ipotesi di cui discorriamo avrebbe dato loro quello di *pietre solari*. Diogene Laerzio ricorda un'opinione dominante in Grecia che il masso meteorico di Ægospotamos, fosse caduto dal sole! Plinio, nel deridere tale ipotesi, accusa Anassagora di avere predetta la caduta di aeroliti dal sole. Humboldt fece sentire la probabilità che la caduta di aeroliti mentre splendeva il sole e la luna non era visibile possa avere condotto all'idea ed alla denominazione di pietre solari.

Prof. R. Ferrini.

L' UNIVERSO STELLARE

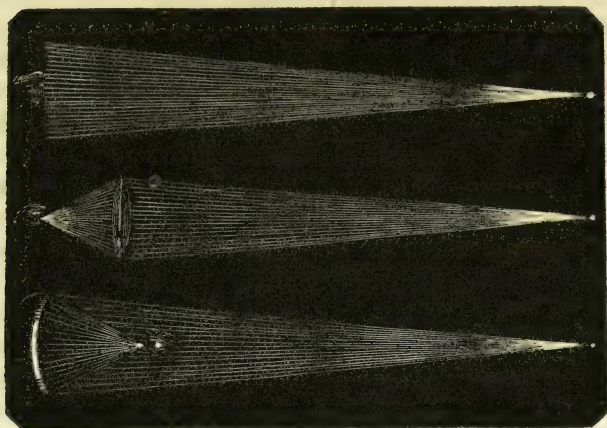



Fig. 2, 3, 4.

Capitolo primo.

I. Sguardo retrospettivo al sistema solare. — II. Ricerche oltre i suoi limiti. — III. Il sistema è circondato da uno spazio vuoto estesissimo. — IV. Questo è comprovato dalla mancanza di perturbazioni esteriori. — V. E dalle comete che sono la parte sensitiva del sistema. — VI. Dove si trova dunque la gran moltitudine di stelle che appajono nel firmamento? — VII. Mancanza di parallasse apparente. — VIII. Esempio d'un effetto di parallasse. — IX. Questa mancanza apparente favoriva il sistema Tolemaico. — X. Spiegazione degli effetti di parallasse. — XI. Parallasse dei pianeti visibili.

I.

Nei trattati precedenti, abbiamo passato in rivista il gruppo di globi, che, in compagnia della terra si rivolgono intorno al sole; ne abbiamo esaminati i movimenti, paragonate le grandezze e le distanze e spiegate le numerose analogìe che, colla forza d'una dimostrazione morale, provano che sono mondi abitati e destinati nell'economia dell'universo ad adempiere a funzioni per ogni rispetto simili a quelle della terra. Passando successivamente dall' uno all' altro pianeta, fummo soprafatti dalle stupende dimensioni che si offrivano alla nostra contemplazione. Abbiamo veduto Giove — globo d' un volume eguale a quattordici volte quello della terra — girare in-

torno al sole ad una distanza di cinquecento milioni di miglia, seguíto dalle sue quattro lune — il sistema Saturniano, col suo globo mille volte più voluminoso di quello della terra, coi suoi grandi anelli che gli girano attorno con tanta veemenza concentrici fra loro e col pianeta, e che risplendendo sull'uno e sull'altro emisfero, vi segnano come una larga zona d'argento, e colle sue sette lune. Abbiamo veduto questo sistema complesso, descrivere la sua grande orbita, ad una distanza di mille milioni di miglia, dal sole e conservare nondimeno nei suoi movimenti un ordine tale che nessuno dei membri che lo compongono è raggiunto nè sorpassato da un altro. Vedemmo risultare l'anno del pianeta, trenta volte più lungo d'uno dei nostri, avvicendato da somiglianti stagioni, con variazioni di temperatura contenute fra limiti simili a quelle della terra, ma variato da sette differenti specie di mesi. Trascorrendo a distanze ancora maggiori, incontrammo Urano, accompagnato da lune, il numero delle quali non è ancora ben certo, e dotato probabilmente d'un altro apparato rischiarante, la scoperta del quale è riservata a futuri osservatori. Abbiamo osservato che in questo pianeta il quale gira a mille ottocento venti milioni di miglia di distanza dal sole, l'anno è lungo ottantaquattro volte più del nostro, ed è avvicendato senza dubbio da simili stagioni, e che il sole a motivo dell'enorme distanza appare ai suoi abitatori come un disco d'un diametro diciannove volte più piccolo di quello che sembra a noi.

Infine, arrivando agli estremi confini del sistema, trovammo il pianeta Nettuno, che gira ad una distanza di duemila ottocentocinquanta milioni di miglia dal sole, con un anno centosessantaquattro volte più lungo d'uno dei nostri. Ciascuna delle stagioni perciò deve in quel pianeta durare quarant'un'anno. In ragione della distanza, il diametro apparente del sole, deve apparire ai suoi abitatori trenta volte più piccolo di quello che si presenta a noi; cosicchè il sole deve sembrar loro di quella grandezza, di che pare a noi il pianeta Venere, quando lo vediamo nell'aspetto più favorevole.

Di qui si vede che il sistema solare a cui appartiene come membro la nostra terra, è compreso in un cerchio d'un diametro di poco minore di sei mila milioni di miglia, e che lo spazio terminato da una tale periferia è stato esaminato dagli astronomi colla più meravigliosa precisione.

II.

Però, questa regione, per quanto sia vasta, non forma che una piccola porzione di quella parte dell'universo materiale a cui si este-

sero le indagini e gli studii della scienza. Lo spirito indagatore dell'uomo non si è contentato di questi limiti. Prendendo le mosse dalle estremità del sistema e gettando lo sguardo scrutatore traverso gli spazii interminabili che si stendono oltre a queste, domanda ancora — Che cosa vi si trova? L'Essere Infinito ha Egli circoscritto l'azione della sua potenza creatrice entro questi limiti — ed ha lasciato in una deserta solitudine l'immensurabile profondità dello spazio che si stende al di là di essi? Egli di cui la dimora è l'immensità, e la cui presenza è dovunque ed eterna, non ha spiegata la sua azione in regioni rispetto a cui il sistema solare si riduce ad un punto?

Anche se le ricerche scientifiche ci avessero lasciati senza notizie definitive su questo proposito, la luce sparsa sul carattere della Divinità, dalla ragione e dalla Rivelazione, ci avrebbe resi certi non esistere parte dello spazio, comunque rimota, che non abbondi di segni dell'immenso potere, dell'inesauribile sapienza, e dell'infaticabile bontà.

Ma la scienza non ci ha così abbandonati. Al contrario ci ha somministrato molte notizie interessanti circa le regioni dell'universo, di cui è tanta l'estensione che anche le intere dimensioni del sistema solare non offrono un modulo abbastanza grande per poterne esprimere la misura.

Non sarà senza profitto nè senza diletto, il rivolgere ora i nostri studii a quelle regioni dello spazio, che si stendono oltre i limiti del nostro sistema e cercare quali siano quivi le condizioni fisiche del creato.

III.

Si posseggono prove svariatissime le quali stabiliscono incontestabilmente il fatto, che intorno al sistema solare si stende ad immensa distanza per ogni verso uno spazio non occupato da nulla; che cioè il sistema solare sta solo nel mezzo d'una vasta solitudine. Si è dimostrato che la gravitazione reciproca dei corpi posti in vicinanza l'uno dall'altro, è manifestata dai suoi effetti sui loro movimenti. Se, quindi, fuori dei limiti del sistema solare e ad una distanza non abbastanza grande da rendere impercettibili gli effetti della gravitazione, esistesse qualche massa di materia, per esempio un sole simile al nostro, questa massa eserciterebbe indubitabilmente un'azione perturbatrice sui varii corpi del sistema. Farebbe muovere ciascuno di questi in una maniera differente da quella che avrebbe avuto non esistendo quella massa.

IV.

Si vede da ciò che quand'anche una massa di materia vicina al sistema solare sfuggisse all'osservazione diretta, gli effetti prodotti sui pianeti dalla sua gravitazione, ne svelerebbero la presenza. Ora, non si sono potuti scoprire simili effetti. I pianeti si muovono, come se il sistema solare fosse indipendente da qualunque influenza perturbatrice esteriore. Questi movimenti sono tali, e unicamente tali, da non potersi ascrivere che all'attrazione solare ed alle attrazioni reciproche dei varii corpi del sistema. Da ciò si può conchiudere che non esiste nessuna massa di materia al di là del sistema solare, almeno entro una distanza a cui la medesima potrebbe esercitare un'influenza perturbatrice sensibile; e che se nell'universo esiste qualche corpo analogo al nostro sole, deve trovarsi ad una distanza così immensa che a petto di essa la grandezza del nostro sistema abbia a ridursi ad un punto.

V.

Ma si hanno altri indizj di questa condizione di cose. Il sistema solare è munito di *organi sensitivi* che può lanciare a grandi distanze nelle circostanti regioni, e questi sono d'un'estrema suscettibilità per cui ci possono palesare la presenza in quelle regioni anche di masse materiali di dimensioni assai limitate. Questi organi sono le comete, e segnatamente una che si chiama la cometa di Halley. Questo corpo esce ad intervalli periodici dal sistema solare, facendo un escursione nelle circostanti regioni fino ad una distanza poco minore di mille milioni di miglia dai suoi confini, e ritorna al sole a regolari intervalli. È un corpo d'estrema leggerezza e tenuità, anche in confronto delle minime masse planetarie ed è perciò eminentemente suscettibile degli effetti della gravitazione di un corpo esterno ad esso.

Si è veduto, in altra circostanza, che quando questo corpo una volta ad ogni settantacinque anni, si diparte dal nostro sistema per compiere la sua vasta escursione traverso distanti regioni dello spazio, l'occhio della scienza lo segue nel suo corso, ne veglia i movimenti, e lo accompagna nel suo giro. Questo giro è calcolato, dietro l'ipotesi che la cometa in tutti i punti della sua orbita non sia soggetta ad altra attrazione che a quella del sole e dei pianeti, e in base a ciò ne vennero calcolati i ritorni. Vennero predetti l'epoca e il luogo di ciascun

ritorno successivo: e si è trovato che i ritorni corrispondono fedelmente alle predizioni. È dunque certo che nel suo corso traverso lo spazio, questo corpo non è passato vicino a nessuna massa di materia capace di esercitare su di esso un attrazione visibile. Infatti si muove come se nel creato non esistessero altri oggetti materiali tranne quelli che compongono il sistema solare. Consegue da ciò che tutti gli altri oggetti devono essere troppo distanti dal nostro sistema per produrre un'attrazione discernibile anche sopra un corpo tanto leggiero.

VI.

Pure quando, in una notte serena, contempliamo il firmamento ed osserviamo le innumerevoli moltitudini di oggetti che vi scintillano, riflettendo quanto sia piccolo in paragone il numero di quelli che appartengono al sistema solare, ed anche quanto pochi fra questi ci siano visibili simultaneamente siamo naturalmente spinti a chiedere: dove sono posti nell'universo quei numerosissimi oggetti?

Basta che per poco si rifletta e si ragioni sulla nostra posizione e sull'aspetto dei cieli, per convincerci che la massima parte degli oggetti che appajono nel firmamento si trovano a distanze quasi incommensurabili. La terra nel suo corso annuo intorno al sole percorre una circonferenza del diametro di quasi duecento milioni di miglia. Noi, che osserviamo i cieli, siamo trasportati sulla terra lungo questa grande periferia. La stazione quindi da cui osserviamo i cieli in un dato istante dell'anno è lontana duecento milioni di miglia da quelle in cui li guardiamo in un altro.

VII.

Ora è un fatto, di cui chiunque può fare sperimento, che la posizione relativa degli oggetti dipende dal luogo da cui sono veduti. Se uno sta in piedi sulla sponda di un fiume, lungo il cui margine siano stazionati molti bastimenti, e guarda ai loro alberi, questi avranno per lui una particolare disposizione relativa. Ma se egli si allontana di qualche centinaja di metri, la posizione relativa degli alberi non gli parrà più la stessa di prima. Due alberi che prima si trovavano l'uno dietro l'altro, ora si vedranno separati e due che prima erano separati potranno ora trovarsi l'uno dietro l'altro. Può darsi che s'inverta la posizione di due alberi di cui uno si vedeva prima a destra dell'altro; quello che era a dritta si vede ora a sini-

stra e reciprocamente; eppure questi cambiamenti non sono prodotti dall' essersi mutate le posizioni effettive dei bastimenti, perchè si trovano ancorati in posizioni stabili. I cambiamenti apparenti sono il risultato *del particolare cambiamento di posizione dell' osservatore;* quanto maggiore sarà questo, tanto maggiore sarà il relativo cambiamento apparente. Supponiamo ora che quel tale siasi portato a molto maggiore distanza dai bastimenti: ogni nuovo cambiamento di posizione che farà, produrrà un effetto molto minore sulla posizione relativa degli alberi; forse non bisognerà un cambiamento assai grande per produrre un effetto percettibile. Insomma a misura che cresce la sua distanza dagli alberi ci vorrà un cambiamento di posizione più grande per produrre lo stesso cambiamento apparente nelle loro posizioni.

VIII.

Questo si verifica di tutti gli oggetti visibili. Quando si osserva in distanza una moltitudine di oggetti fermi, la loro posizione relativa dipende da quella dell' osservatore; e se l' osservatore muta di posto, si può aspettarsi che cambierà anche la posizione relativa di quegli oggetti, e quando non si produca in questa nessuna variazione si potrà argomentarne che la distanza degli oggetti è incomparabilmente maggiore dello spostamento dell'osservatore.

Applichiamo questi riflessi al caso della terra e delle stelle. Le stelle sono analoghe agli alberi di quei bastimenti e la terra è la stazione dove si trova l' osservatore. Si potrebbe credere che per la grandezza del globo, il cui diametro è di ottomila miglia, la posizione dell' osservatore possa variare a sufficienza da produrre un cambiamento di posizione nelle stelle, pure si trova che ciò non accade. Le stelle vedute da parti opposte del globo, presentano esattamente il medesimo aspetto, per cui dobbiamo dedurne che il diametro terrestre è assolutamente nulla in confronto alla loro distanza.

Ma l'astronomo si può valere di un termine di confronto di gran lunga maggiore. Si rifletta che, come si è già detto, egli può vedere le stelle da due stazioni distanti non di otto mila miglia, il diametro della terra, ma di duecento milioni di miglia, il diametro dell'orbita terrestre. Guardando dunque i cieli il primo di Gennajo e tornando a guardarli il primo di Giugno, quando la terra è passata al punto opposto della sua orbita, trova, con suo stupore, che l'aspetto ne è tuttora il medesimo. Se crede che ciò non sia possibile — che un tanto cambiamento nella sua posizione non possa a meno di aver

prodotto qualche variazione nella posizione relativa delle stelle —; che sebbene l'aspetto generale sia il medesimo, pure sottoponendolo ad un esame accurato si potrà scoprirvi di certo qualche variazione —; e ricorre quindi all'uso di strumenti d'osservazione che permettono di misurare le posizioni relative delle stelle coll'ultima precisione, si trova sempre più confuso dal fatto che non può scoprirvi il menomo cambiamento di posizione.

IX.

Per molto tempo questo risultato parve inesplicabile e formò quindi la massima difficoltà per gli astronomi di ammettere il moto annuo della terra, poichè si offriva loro questa alternativa: bisognava o ritornare al sistema Tolemaico, in cui si ammette che la terra sia ferma, o di supporre che l'immenso cambiamento di posizione che la terra subisce in un semestre, non abbia a produrre una discernibile variazione nell'aspetto delle stelle: fatto, che importa la conseguenza che il diametro dell'orbita terrestre non abbia ad essere più che un punto in paragone della distanza delle stelle più vicine. Quest'idea sembrava così inammissibile che per lungo tempo molti preferivano di abbracciare il sistema Tolemaico per quanto fosse seminato di difficoltà e di contraddizioni.

Il perfezionamento degli istrumenti d'osservazione e delle misure micrometriche insieme allo zelo ed alla abilità degli osservatori fecero infine vincere queste difficoltà; e fu determinata la parallasse di varie stelle, piccola infatti ma nondimeno capace di misura.

X.

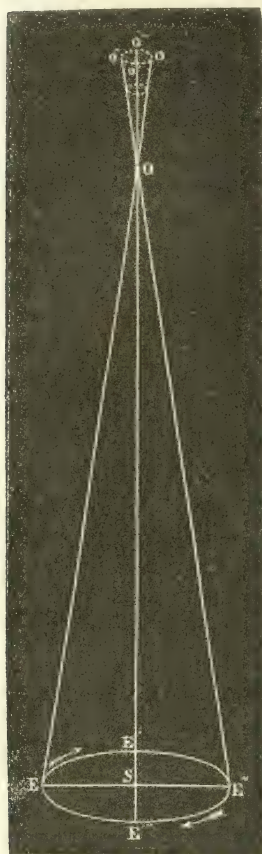
Per spiegare questi risultati ed i processi con cui si ottennero, esporremo gli effetti generali della parallasse annua.

Siccome la terra gira annualmente intorno al sole, come ad un centro immobile, descrivendo una periferia il cui diametro è nientemeno che duecento milioni di miglia, tutti gli osservatori posti sulla terra, vedendo gli oggetti lontani da punti di vista tanto distanti, come lo sono gli estremi di questo diametro, devono necessariamente vederli, in direzioni differentissime.

Per chiarire l'effetto che si può ritenere prodotto da questo spostamento sul luogo apparente di un oggetto remoto, nella fig. 1 si è rappresentato in prospettiva in EE'E''E''' il corso annuo della terra intorno al sole ed in O un oggetto lontano qualunque, visibile dalla

terra. Siccome l'estremità E della retta EO, che è la direzione visuale dell'oggetto, percorre insieme alla terra la periferia $EE'E''E'''$, questa retta descriverà in un anno una superficie conica avente per base l'orbita

Fig. 1.

della terra e il vertice nel luogo dell' oggetto O. Mentre dunque la terra si muove lungo la circonferenza E E'' la linea della direzione visuale si muoverà corrispondentemente e il posto apparente dell' oggetto varierà successiva al variare della posizione di questa retta. Se si immagina che l' occhio veda l' oggetto projettato sul firmamento, questo descriverà una linea $o\,o'\,o''\,o'''$ che sarà circolare od ellittica secondo la direzione dell' oggetto. Quando la terra è in E l' oggetto si vedrà in o, e quando la prima è in E'' questo si vedrà in o''. La grandezza di questo spostamento apparente dell'oggetto sarà misurata dall' angolo EOE'' che sarebbe sotteso nel luogo O dell' oggetto del diametro EE'' del giro o dell' orbita terrestre.

Si è convenuto di chiamare in generale *parallasse* lo spostamento apparente di un oggetto visibile lontano, prodotto dal cambiamento del luogo da cui è veduto. Quello prodotto dal cambiamento di luogo dovuto al movimento diurno della terra si chiama *parallasse diurna* e quello dipendente dal moto annuo della medesima si denomina *parallasse annua.*

Pertanto il massimo valore della parallasse annua di un oggetto proposto è l' angolo che sottenderebbe in esso il semidiametro dell' orbita terrestre e il massimo valore della sua parallasse diurna è l'angolo sotteso in esso dal semidiametro della terra.

Ora, dal punto che la scoperta di un tale spostamento e dei successivi cambiamenti di posizione apparente in tutti gli oggetti del firmamento dipendenti dal moto annuo della terra sarebbero la prova più soddisfacente di questo, si deve ammettere che a primo aspetto la mancanza d'un simile fenomeno costituisca con argomento formidabile contro il moto della terra.

XI.

Gli effetti della parallasse annua sono osservabili ed anche d'un valore considerabile, nel caso dei corpi componenti il sistema solare. L'apparente movimento annuo del sole dipende interamente dalla parallasse. I moti apparenti dei pianeti e degli altri corpi che compongono il sistema solare sono gli effetti combinati della parallasse e dei moti effettivi di questi corpi.

Fino a che non fu ammesso il moto annuo della terra, questi effetti di parallasse annua sui moti apparenti del sistema solare si ascrivevano ad un sistema complicatissimo di movimenti reali di questi corpi; si riteneva che la terra ne fosse un centro immobile intorno a cui girasse il sole, mentre intorno ad esso girasse ciascuno dei pianeti come intorno ad un centro mobile. Quest' ipotesi proposto la prima volta da Apollonio di Perga, astronomo greco, qualche secolo innanzi la nascita di G. Cristo, ricevette il nome di *Sistema Tolemaico* per essere stata sviluppata e spiegata da *Tolomeo,* astronomo Egiziano che fiorì nel secondo secolo, e la cui opera che ha per titolo *Syntaxis* ottenne molta celebrità e per molti secoli continuò ad essere ricevuta come tipo di scienza astronomica.

Sebbene Pitagora avesse ammessa l'idea che il moto annuo del sole non fosse che apparente e che dipendesse da un moto reale della terra, la naturale ripugnanza della mente umana ad ammettere una supposizione tanto contraria alle nozioni ricevute impedì che questa felice anticipazione di future e remote scoperte fosse accolta coll'attenzione che si meritava; ed Aristotile meno sagace di Pitagora, favorì col gran peso della sua autorità l'ipotesi contraria che fu quindi adottata universalmente dai dotti e continuò a regnare finchè a metà del secolo decimosesto fu rovesciata dal celebre Copernico, il quale fece rivivere l'ipotesi Pitagorica dell'immobilità del sole e del moto della terra.

L'ipotesi da lui proposta in un opera intitolata *De revolutionibus orbium cœlestium,* pubblicata nel 1543, al momento della sua morte, è quella conosciuta dappoi col nome di *Sistema di Copernico* e che basandosi ora sopra prove abbastanza forti per spogliarla del carattere ipotetico, è ammessa da tutti come l'esposizione degli effettivi movimenti da cui è affetta quella parte dell'universo che si chiama sistema solare.

Fig. 62. — *Veduta telescopica di parte della gran nebulosa che si trova nella costellazione di Argo.*

Capitolo secondo.

XII.

La massima difficoltà contro cui ebbe ad urtare il sistema copernicchiano, anche fra i più illuminati dei suoi oppositori, fu la man-

canza di qualunque effetto apparente di parallasse nelle stelle fisse, in questi oggetti sparsi in copia innumerevole sopra ogni parte del firmamento. Da quanto si è detto, risulterà manifesto che supponendo che i detti corpi siano, come evidentemente devono essere, a grandi distanze oltre i limiti del sistema solare ed in tutte le direzioni immaginabili intorno ad esso, gli effetti della parallasse saranno di dare a ciascuno dei medesimi un movimento apparente circolare od ellittico, a seconda della loro direzione rispetto alla posizione della terra nella sua orbita; che, quando il movimento sarà ellittico, l'eccentricità dell' ellisse dipenderà da questa posizione, e che il diametro della circonferenza o l' asse maggiore dell' ellisse, essendo determinato dall'angolo sotteso alla stella del diametro EE′ (fig. 1) dell' orbita terrestre, sarà tanto minore quanto più la stella è lontana e viceversa. La posizione apparente della stella in questa circonferenza od in questa ellisse, si troverà sempre nel piano passante per la stella e per la retta che congiunge il sole alla terra.

XIII.

Siccome dunque, salve poche eccezioni che saranno esposte più innanzi, non si sono scoperte traccie degli effetti della parallasse annua, nelle innumerevoli stelle fisse che circondano il nostro sistema; e siccome, d'altra parte, il moto annuo della terra è fondato sopra un complesso di prove, e sostenuto da argomenti, che si ponno ritenere concludenti, la mancanza di parallasse non può attribuirsi che al fatto che le stelle in generale siano poste a tali distanze dal sistema solare, a petto di cui non sia più che un punto l'orbita della terra; e che perciò il movimento d' un osservatore lungo quest' orbita, per quanto paja grande al paragone di tutti i tipi di grandezza che ci sono famigliari, non produca in una stella fissa un dislocamento apparente più sensibile di quello che sarebbe prodotto sulla direzione apparente del sole o della luna del giro d'un animaletto attorno ad un granello di senape.

Il raggio visuale per cui si vede la stella, e che ne è la direzione apparente, è trasportato dal moto annuo della terra lungo la superficie d'un cono avente per base l'orbita della terra ed il vertice nella stella. La retta che unisce la stella al centro dell' orbita terrestre è l'asse di questo cono, per cui la parallasse della stella è l' angolo fatto da questa retta col raggio visuale il cui movimento genera la superficie conica.

Si produrrebbe lo stesso effetto ottico trasportando alla stella il movimento orbitale della terra e supponendo l'osservatore fermo nel centro dell'orbita terrestre: questa supposizione rende molto più facili a comprendersi tutti i fenomeni parallattici. Si supponga quindi che la stella si muova lungo una circonferenza eguale e parallela all'orbita della terra, il centro della quale coincida colla vera posizione della stella. Il posto occupato dalla stella in questa periferia della parallasse, deve sempre essere diametralmente opposto al luogo corrispondente della terra sulla sua orbita. La stella in questo movimento subirebbe esattamente il medesimo spostamento che sembrerebbe subire, se fosse, com'è realmente, ferma nel proprio luogo, e la terra girasse nella sua orbita intorno al sole.

XIV.

Si potrebbe supporre, che conoscendosi tanto chiaramente il carattere e le leggi del fenomeno, lo scoprirlo non avesse a presentare troppa difficoltà. Nondimeno, fra tutti gli ordini di ricerche astronomiche nulla ha maggiormente delusi gli sforzi degli osservatori, come questa ricerca della parallasse, ciò che non proviene da altro che dall'estrema sua piccolezza. È certissimo che la parallasse non può arrivare ad un secondo nel caso di una qualunque delle numerose stelle finora sottoposte alla serie di osservazioni necessarie a scoprirne la parallasse. Ora, siccome nel determinare l'esatta posizione uranografica d'una stella si ha da tener conto per eliminarli di una moltitudine di effetti perturbatori, quali sono la precessione, la nutazione, l'aberrazione, la rifrazione ed altri, oltre al movimento proprio delle stelle che sarà spiegato in appresso; e siccome, oltre gli errori di osservazione, il valore di questi effetti è soggetto a più o meno d'incertezza, non farà meraviglia a nessuno se diremo che possono importare sul risultato finale del calcolo un errore di un secondo; e ciò essendo, sarebbe vano il presumere di scoprire un fenomeno così ristretto come la parallasse, la cui grandezza complessiva è minore d'un secondo.

XV.

Se in un caso particolare si potesse determinare la parallasse, se ne inferirebbe immediatamente la distanza della stella. Poichè, espresso questo valore della parallasse in secondi od in decimi di secondo

ed indicando con R il raggio dell'orbita terrestre, con D la distanza della stella e con P la parallasse si avrebbe:

$$D = R \times \frac{206265}{P}.$$

Se, per esempio, fosse $P = 1''$ la distanza della stella sarebbe 206265 volte quella del sole: ora siccome si può ritenere per abbastanza dimostrato che finora non si è osservata nessuna stella che abbia una parallasse maggiore di $1''$, si può affermare che nell' universo le stelle più vicine al sistema solare si trovano ad una distanza eguale *almeno* a 206265 volte quella del sole.

Riflettiamo un po' attentamente a ciò che importi una simile conclusione. La distanza del sole, espressa in cifra tonda (come è sufficiente nel caso attuale) è di 95 milioni di miglia. Moltiplicandola per 206265 si ottiene — non già la distanza della più vicina fra le stelle fisse — ma il *limite minore* di siffatte distanze, cioè una distanza entro cui non può trovarsi la stella. Questo limite, espresso in miglia, è

$$D = 206265 \times 95{,}000000 = 19{,}595175{,}000000 \text{ miglia},$$

o circa *venti bilioni di miglia.*

XVI.

Contemplando simili numeri l' immaginazione si perde e non resta altro concetto chiaro tranne la semplice espressione aritmetica del risultato del calcolo. Anche gli astronomi, così avvezzi a trattare numeri enormi, sono forzati di cercare delle unità di grandezza proporzionate per comprendere in limiti moderati l' espressione aritmetica di queste quantità.

La velocità della luce offre una delle misure più convenienti a quest' uopo, e di comune accordo, la si è adottata per unità di misura in tutti quei problemi che trattano di misure dell'universo. Si sa che la luce percorre 192000 miglia al secondo. Se quindi si divide per 192000 la distanza D superiormente calcolata, il quoziente sarà il tempo, espresso in secondi, che la luce impiega a percorrere quella distanza. Ma siccome anche questo sarebbe un numero troppo incomodo, lo si traduce in minuti, ore, giorni e perfino in anni.

In questa maniera si trova che se una stella avesse la parallasse di $1''$ dovrebbe trovarsi a tal distanza dal nostro sistema, che la luce

per venire da essa alla terra impiegherebbe 3 anni e 234 millesimi, ossia tre anni e ottantacinque giorni.

Prendendo quindi per unità delle distanze stellari lo spazio percorso dalla luce in un anno, ed essendo P la parallasse espressa in secondi e frazioni di secondo, si avrebbe

$$D = \frac{3{\cdot}234}{P}.$$

XVII.

Si crederà facilmente che gli astronomi hanno diretto con ogni diligenza le osservazioni a scoprire qualche variazione di posizione apparente, comunque piccola, prodotta sulle stelle dal moto della terra. Siccome le più verosimilmente affette dal moto della terra, sono le più prossime al sistema e quindi probabilmente le più brillanti e più grandi, è a queste in particolare che si applicarono quelle osservazioni; e siccome era certo che se il moto della terra produceva pure su di loro qualche effetto osservabile doveva essere d'un estrema piccolezza, questa scoperta non poteva sperarsi che dai mezzi di osservazione più precisi e più dilicati.

Uno dei primi spedienti adoperati per risolvere il problema, fu l'erezione di un telescopio, di molta lunghezza e di gran forza, in una posizione perennemente ferma, ciò che si otteneva, per esempio, attaccandolo ad un lato d'un robusto pilastro in muratura, basato sulla roccia. Lo strumento si avvitava in tal posizione che alcune stelle determinate traversando il meridiano, dovessero passare necessariamente nel suo campo di visione. Nel suo oculare si erano disposti, nella solita maniera, dei fili micrometrici, per modo che si potesse osservare e notare colla massima precisione, il punto esatto dove quelle stelle passavano ogni notte al meridiano. Collocato così l'istrumento e resolo immobile, si notavano in ciascuna notte i passaggi delle stelle, e si registravano i luoghi esatti dove erano passate al meridiano. Questa maniera di osservazioni fu continuata per tutto l'anno: ripromettendosi, che se il variare di posizione della terra, in causa del suo moto annuo, avesse a produrre qualche effetto sulla posizione apparente delle stelle, si sarebbe dovuto scoprirlo in questa maniera. Però, fatte le debite correzioni per le cause ordinarie che influiscono sulla posizione apparente degli astri, non venne scoperto il minimo cambiamento di posizione che si potesse attribuire al movimento della terra.

XVIII.

Nonostante le numerose difficoltà che assiepano la soluzione di questo problema per mezzo di osservazioni eseguite cogli istrumenti ordinarii, il professore Henderson, nel tempo della sua residenza, al Capo di Buona Speranza, in qualità di astronomo dell'Osservatorio Reale, riuscì ad eseguire una serie di osservazioni sulla stella designata con α nella costellazione del Centauro, su cui, fatte in seguito le correzioni opportune, risultò per la stella la parallasse di 1″. Osservazioni posteriori eseguite allo stesso osservatorio dal suo successore Mr. Maclear, in parte col medesimo istrumento, e in parte con un altro della stessa specie più perfezionato e più potente, confermarono pienamente questo risultato, dando per valore della parallasse di quest'astro 0·9128, o, $\frac{10}{11}$ di secondo.

Merita che si osservi che questa conclusione dei signori Henderson e Maclear, è confermata in maniera rimarchevole dal fatto che simili osservazioni e simili calcoli applicati ad altre stelle in vicinità dell' α del Centauro, e perciò soggette a simili cause di spostamento annuo apparente, non condussero a somiglianti risultati, dimostrando così che lo spostamento nel caso dell'α del Centauro non si può attribuire che alla parallasse.

Siccome i limiti dell'errore che vi può essere nel risultato finale in questa specie di osservazioni, non ponno sorpassare un decimo di secondo, si può ritenere per dimostrato che la parallasse di α del Centauro è 1″, e, in conseguenza, che la sua distanza dal sistema solare è tale che la luce impiega 3 anni e $\frac{234}{1000}$ a percorrerla.

XIX.

Malgrado il gran numero delle stelle su cui vennero diretti strumenti d'una perfezione imprevista dagli osservatori più abili e più diligenti, i risultati di tante fatiche sono stati finora più negativi che positivi. I mezzi d'osservazione furono perfettissimi, e furono applicati su d'una scala estesissima, per cui dalla mancanza di qualunque spostamento misurabile, conseguente dal moto orbitale della terra, si può ritenere dimostrato che, all'eccezione di pochissime stelle, la gran moltitudine dei corpi che compongono l'universo e che si vedono splendere la notte nel firmamento, si trovino a distanze dal sistema solare maggiori di quelle che produrrebbero uno spostamento apparente di un decimo di secondo. Questo limite di distanza è quindi

di dieci unità parallattiche, ossia di circa due milioni di volte l'intervallo fra il sole e la terra.

Si trovò che nove stelle sono poste entro questo limite o pochissimo al di là di esso, la più vicina delle quali è quella già menzionata di cui fu scoperta la parallasse del professore Henderson. Quelle degli altri sono dovute alle osservazioni dei signori Bessel, Struve e Peters. Nella tavola seguente sono esposte le parallassi di queste stelle colle loro distanze rispettive espesse in unità parallattiche ed anche nelle maggiori unità presentate dalla distanza percorsa in un anno dalla luce.

Le parallassi delle prime sette di queste stelle si ponno ritenere determinate con sufficiente sicurezza e precisione. Il piccolissimo valore di quelle delle altre due, le rende assai più dubbie. Ciò che per altro è certo, riguardo a queste ultime, è che la vera grandezza della loro parallasse è minore di un decimo di secondo.

TAVOLA

DI NOVE STELLE COLLE RISPETTIVE PARALLASSI DETERMINATE E COLLE DISTANZE CORRISPONDENTI.

Stella.	Parallasse.	Distanza presa per unità.		Osservatori.
		la distanza fra il sole e la terra	la distanza percorsa dalla luce in un anno	
α del Centauro . .	0·913″	225920	3·54217	Henderson.
61 del Cigno	0·348	592715	9·29310	Bessel.
α della Lira	0·261	790287	12·39080	Struve.
Sirio	0·230	896804	14·06087	Henderson.
1830 Groombridge.	0·226	912677	14·30973	Peters.
ι dell'Orsa	0·133	1550864	24·31579	Peters.
Arturo	0·127	1624134	25·46456	Peters.
Polare	0·067	3078582	48·26866	Peters.
Capella	0·046	4484021	70·30435	Peters.

Di qui si vede, che sul gran numero di stelle a cui vennero dirette le fatiche degli osservatori non ve ne sono che nove abbastanza

vicine al nostro sistema perchè la loro direzione apparente sia influenzata in grado sensibile dal movimento annuo della terra; e che la massima variazione prodotta nella direzione apparente di una di queste dal guardarla da due punti opposti dell' orbita terrestre, non arriva ad un decimo di minuto secondo: dal che deriva per necessaria conseguenza, che la più vicina delle innumerevoli stelle disseminate nel firmamento si trova a tale distanza che la luce impiega tre anni e mezzo a percorrerla colla sua velocità di duecentomila miglia al minuto secondo.

XX.

Il sistema solare è quindi circondato in ogni direzione, verso l' alto, verso il basso e da ogni intorno lateralmente, da un vasto abisso in cui non si trova nessuna massa di materia che presenti qualche analogia col nostro sole e coi pianeti: del resto, la necessità fisica di questo vacuo all' ingiro del sistema, si farà evidente a chi consideri che la prossimità di simili masse, in causa delle loro forze perturbatrici, getterebbe il sistema nella massima confusione; altererebbe la successione ed i limiti delle stagioni per tutti i mondi componenti il sistema; li esporrebbe ad estremi di temperatura incompatibili colla vita degli esseri organizzati; e ben presto, li porterebbe a fatali e distruttive collisioni fra loro o colle massi circostanti.

Si vede, dunque, che se l' Onnipotente non ha esercitato il suo potere creatore sulle regioni dello spazio che ci stanno immediatamente all' intorno, non lo ha fatto senza buone e benefiche ragioni, e che la mancanza delle manifestazioni della potenza creatrice in quelle regioni è tanto degna d' ammirazione quanto la loro esistenza altrove.

XXI.

Anche l' osservatore più disattento viene colpito dal fatto che la gran moltitudine di stelle che gli si presentano, variano estremamente di splendore. Sembra che alcune spargano un lume percettibile e sono oggetti veramente magnifici anche guardandole ad occhio nudo; mentre altre sono così piccole e fioche che si scorgono a mala pena. Fra questi estremi si danno infinite gradazioni; e gli astronomi nel classificarle, incontrano le stesse difficoltà che si presentano ogni qual volta lo scopo della scienza domanda che degli oggetti naturali si distribuiscano in un numero limitato di gruppi distinti. In ogni

caso, la natura li ha creati come individui, distinti l'uno dall'altro, da gradazioni infinitamente piccole e tenui e da particolari caratteri, mentre le nostre limitate facoltà ci obbligano a riguardarli ed a ragionare su di loro come se formassero classi distinte. Una simile classificazione deve perciò essere in gran parte arbitraria, mentre gli individui che si trovano gli ultimi di una classe potrebbero benissimo contarsi tra i primi della classe successiva.

Gli astronomi hanno infatti incontrata una simile difficoltà nel classificare le stelle visibili. Gli antichi astronomi distribuirono, di comune accordo, tutte le stelle visibili ad occhio nudo in sei ordini che chiamarono di grandezza. Le stelle più lucenti si dissero stelle di prima grandezza; le più prossime nell'ordine dello splendore, di seconda grandezza e così di seguito fino alla sesta che comprendeva le stelle appena percettibili ad occhio nudo. Come si può prevedere, da quanto si è detto, le classificazioni fatte dai differenti astronomi presentarono molte differenze. Accadde necessariamente che molte stelle avevano uno splendore tale da poterle registrare tanto in fine di quelle di prima grandezza o alla testa di quelle di seconda grandezza. Molte più ancora lasciavano in dubbio se si dovesse ascriverle alla classe di seconda o di terza grandezza, e così via. Malgrado queste condizioni vaghe ed incerte, si mantiene ancora l'antica classificazione che è stata accettata dagli astronomi moderni come la meno inconveniente nel principio; essi anzi, come si dirà quanto prima, ne estesero il principio sebbene difettoso, alle classi molto più numerose di stelle che il telescopio ci ha rese visibili.

XXII.

Gli osservatori che mirano ad una precisione maggiore dell'ordinaria, adottarono talvolta uno spediente per designare le stelle quando il loro splendore metta in dubbio a quale di due classi successive si debbano assegnare e lo spediente consiste in una frazione, unita al numero che esprime il più alto dei due ordini. Così, per esempio, se vi ha una stella che per il suo splendore sembri che si possa collocare tanto in fine a quelle di seconda grandezza come al principio di quelle di terza, la si denota come stella della grandezza 2 1/2.

Gli osservatori moderni estesero anche l'antica classificazione a sette ordini di grandezza; per cui, secondo la classificazione attualmente ricevuta, le più piccole stelle visibili ad occhio nudo, nelle circostanze atmosferiche più favorevoli a mezzanotte, quando è tolta

qualunque influenza di luce solare, sono classificate fra le stelle di settima grandezza.

Anche qui dobbiamo osservare, peraltro, che s'incontrano nuove difficoltà in questa arbitraria classificazione, poichè alcune stelle sono visibili ad alcuni occhi, mentre nello stesso luogo e nello stesso istante riescono invisibili ad altri senza l'ajuto del telescopio. Parlando rigorosamente, si può quindi dire che si considerano come stelle di settima grandezza quelle che tengono un posto intermedio e dubbio fra le visibili e le invisibili ad occhio nudo.

Spiegata così in generale la classificazione delle stelle a seconda del loro splendore apparente, esporremo il numero totale delle stelle di ciascuna classe sparse in tutto il firmamento.

XXIII.

Secondo il catalogo più accreditato, quello di Argelander, i numeri delle stelle, dalla prima grandezza alla sesta inclusiva, che si osservano nell'emisfero boreale, sono i seguenti: —

1ª Grandezza	9
2ª »	34
3ª »	96
4ª »	214
5ª »	550
6ª »	1439
Numero totale	2342

XXIV.

In causa della mancanza d'un egual numero di osservatori nelle latitudini australi, l'altro emisfero non venne esaminato colla stessa esattezza; ma si è constatato che contiene 914 stelle dalla grandezza prima alla sesta inclusiva, entro 36° dell'equatore celeste. Se si ritiene, come è probabilissimo, che le stelle siano distribuite in egual proporzione sul rimanente dell'emisfero meridionale, ne seguirà che il numero totale delle stelle dei primi sei ordini di grandezza, sparse in tutto il firmamento da un polo all'altro sarà di 4100. Aggiungendovi il numero probabile delle stelle di settima grandezza, il quale non può essere determinato con altrettanta sicurezza mediante l'osservazione diretta, si vedrà che il numero totale delle

stelle disseminate nei cieli è di tale grandezza da riuscire visibili agli occhi di miglior vista, nelle circostanze atmosferiche più favorevoli, è di quasi 6000.

Il numero di questi oggetti, stimato dietro un semplice colpo d'occhio, sembrerebbe di gran lunga maggiore; ed anche i calcoli di varii astronomi attribuendo un numero molto maggiore alle stelle di settima grandezza, danno il doppio del numero totale or ora indicato.

XXV.

Questa differenza di splendore relativo che si scorge nelle stelle, dobbiamo supporre che derivi realmente di qualche diversità nello splendore intrinseco delle medesime? o, non dipenderà, come può essere benissimo, che dalla sola differenza delle loro distanze? Le stelle di settima grandezza sono così meno brillanti e meno cospicue di quelle di prima grandezza, perchè siano realmente astri più piccoli posti alla stessa distanza? o perchè, mentre sono intrinsecamente eguali di splendore e di grandezza, la distanza delle stelle di settima grandezza sia tanto maggiore di quello delle stelle di prima grandezza, che ne diminuisca di tanto lo splendore apparente? Dalle leggi dell'ottica sappiamo che la luce ricevuta da un oggetto luminoso scema rapidamente d'intensità al crescere della distanza. Così, quando la distanza si raddoppia, quell'intensità si fa quattro volte minore; quando la prima si triplica, la seconda diviene nove volte minore; se la distanza cresce al centuplo, l'intensità diviene diecimila volte più piccola e così di seguito.

È dunque evidente che la grande diversità nel fulgore delle stelle si può spiegare tanto col supporre che queste siano di splendore intrinseco e di grandezza differenti e si trovino ad eguali distanza, quanto col ritenerle oggetti generalmente d'uno stesso ordine di grandezza posti a distanze differentissime.

Delle due supposizioni, la seconda è di gran lunga più probabile e più naturale ed è perciò generalmente seguita; in conseguenza di che riterremo che le varietà di splendore nelle stelle derivino quasi interamente dal posto che occupano nell'universo per cui debbano trovarsi a distanza differentissime da noi.

XXVI.

Ammettendo che le stelle siano intrinsecamente di splendore eguale, si proposero varie teorie sulle posizioni che ne spiegherebbero le

apparenze; e la più probabile e la più naturale è che le loro distanze dall'una all'altra, siano generalmente uguali, o pressochè tali. e corrispondano alla distanza fra il nostro sole e la più vicina di esse. In questa maniera il fatto che non appajano che pochissime stelle di prima grandezza, e che il numero delle stelle di ciascun ordine cresca rapidamente al diminuire della grandezza trova una facile spiegazione.

Imaginiamo infatti che una persona si trovi nel mezzo d'un bosco circondato da alberi da ogni parte ed a qualunque distanza: quelli che gli sono immediatamente d'intorno saranno pochi e per la vicinanza gli sembreranno più grandi. I tronchi di quelli che formano un circuito esterno al primo, saranno più numerosi essendo più largo il circuito e parranno più piccoli perchè la loro distanza è maggiore. Ancora al di là di questi ve ne sarà un numero proporzionatamente maggiore, occupanti un circuito ancora più grande, le cui grandezze apparenti saranno maggiormente impiccolite dalla cresciuta distanza: e così gli alberi che occupano circuiti di mano in mano più grandi a distanze di mano in mano maggiori, saranno sempre più numerosi e sembreranno semprepiù piccoli. Si può dire lo stesso delle stelle: noi ci troviamo nel mezzo d'un immenso gruppo di soli che ci circondano da ogni parte fino a distanze inconcepibili.

Quei pochi che si trovano immediatamente al di fuori del nostro sistema ci pajono più brillanti e più grandi e li chiamiamo *stelle di prima grandezza*. Quelli che giacciono in un circuito esteriore e occupano un giro più esteso, sono più numerosi e meno brillanti; li diciamo *stelle di seconda grandezza*. E così il numero e la distanza crescono progressivamente diminuendone lo splendore, finchè arriviamo ad una distanza così grande che le stelle riescano appena visibili ad occhio nudo.

Questo è il limite della vista. È il limite di potenza dell'occhio nelle sue condizioni naturali; ma ci è stato dato un occhio ancora più potente e di grado infinitamente superiore, — l'occhio della mente. Il telescopio, che è una creazione dell'intelligenza, ha conferito all'occhio corporeo, un'efficacia infinitamente maggiore, e, come vedremo fra poco, gli ha concesso di penetrare regioni dell'universo, che, senza il suo ajuto, ci sarebbero sempre rimaste sconosciute. Ma. fermiamoci ora, a dominare un istante quell'estensione di spazio a cui arriva la vista naturale.

XXVII.

I pianeti, tranne uno o due, appajono ad occhio nudo come una stella comune. Il telescopio però, ce li presenta allo sguardo con un disco circolare distinto, simile a quello presentato della luna ad occhio nudo; e nel caso di alcuni pianeti, un potente telescopio li rende apparentemente più grandi della luna. Ma l' effetto che si ottiene è affatto differente se si dirige anche verso la stella più brillante il medesimo strumento. Si trova che questa invece di ingrandirsi in realtà è impiccolita. Vi è un' illusione ottica che si produce quando guardiamo una stella, per la quale essa ci sembra circondata di raggi ed è perciò che la si rappresenta in disegno sulla carta con un punto da cui divergono raggi in tutte le direzioni. L' effetto del telescopio è di spogliare la stella di questi raggi e di presentarcela come un semplice *punto lucido* privo di grandezza sensibile, nè qualunque potenza di telescopio a cui si è potuto ricorrere finora ha prodotto altro effetto. Vennero talvolta usati da sir Guglielmo Herschel dei telescopi dell'ingrandimento perfino di 6000 volte, e con questi, al dire del medesimo, la grandezza apparente delle stelle sembrava ancora minore, se è possibile, che coi telescopi di minor forza.

XXVIII.

Si possiedono altre prove del fatto che le stelle manchino di disco sensibile fra le quali si può annoverare il rimarchevole effetto che si chiama occultazione d'una stella dietro il margine oscuro della luna. Quando la luna è crescente od è nelle quadrature, mentre si muove nel firmamento, il suo margine oscuro si avvicina successivamente alle stelle o se ne allontana successivamente, e accade di tanto in tanto che passi tra una stella e l'occhio. Se la stella avesse un disco sensibile, l'orlo della luna in tal caso la coprirebbe gradatamente e la stella invece di estinguersi istantaneamente sparirebbe a poco a poco. Ma non avviene così: la stella conserva tutto il suo splendore fino al momento in cui viene a contatto coll'orlo scuro del disco lunare e allora si estingue immediatamente senza la più leggiera apparenza di diminuzione di splendore.

XXIX.

Standing così le cose, e nessuna stella piccola o grande non possedendo la minima grandezza osservabile, si può domandare che cosa

si voglia intendere, parlando di stelle di prima, di seconda o di un altro ordine di grandezza? Il vocabolo grandezza applicato a questo caso fu adoperato prima che si inventassero i telescopi, quando le stelle osservate soltanto ad occhio nudo, inducevano realmente a credere che fossero di grandezze differenti. Ora lo stesso vocabolo è adottato per esprimere non la grandezza relativa, ma lo splendore relativo delle stelle. Così, una stella di prima grandezza significa una stella del massimo splendore apparente; una stella di seconda grandezza significa una stella del grado prossimo di splendore e così di seguito. Ma che si deve conchiudere da questo fatto singolare che nessuna forza d'ingrandimento, per quanto sia potente, ci fa vedere una stella con una grandezza percettibile? Si dovrà forse ammettere che l'istrumento ottico perda la sua efficacia se lo si dirige ad una stella, mentre la conserva volgendolo ad un altro oggetto qualunque? Una tale conseguenza sarebbe sommamente assurda. Siamo quindi condotti ad un'induzione rispetto alla grandezza delle stelle, altrettanto sorprendente e altrettanto quasi inconcepibile di quella che siamo stati forzati di ammettere riguardo alle loro distanze. Abbiamo veduto che l'orbita terrestre, comunque ci sembri di grandezza sorprendente, è un nulla a petto della distanza di uno di questi corpi; in conseguenza di che, se quest'orbita fosse riempiuta da un sole la cui grandezza sarebbe perciò infinitamente superiore a quella del nostro, questo sole sembrerebbe ad un osservatore situato sulla stella più prossima della grandezza non maggiore di 1″: non avrebbe cioè grandezza sensibile all'occhio, ed a quell'osservatore non sembrerebbe più che un punto luminoso! Ora dalle osservazioni telescopiche siamo posti in grado di arrivare ad un'induzione sulle stelle fisse. Il telescopio di sir Guglielmo Herschel, a cui egli adattò un ingrandimento di 6000 volte, ingrandiva al certo seimila volte la stella, anche quando le grandezze apparenti ne erano inapprezzabili. Dobbiamo quindi inferirne che la distanza di questi corpi meravigliosi è così enorme, in confronto della vera loro grandezza, che il loro diametro apparente veduto dal nostro sistema e più di 6000 minore di qualunque lunghezza percettibile all'occhio.

XXX.

Si vede di qui adunque che le stelle si rendono sensibili all'occhio non già perchè sottendano un angolo sensibile, ma per la luce che emettono. Si è già detto come un oggetto luminoso o rischiarato, quale, a cagion d'esempio, il sole abbia lo stesso splendore apparente a qual-

sivoglia distanza; e che quindi la quantità di luce ricevuta dall'occhio d'un osservatore essendo proporzionale all'area apparente del suo disco visibile è in ragione inversa del quadrato della sua distanza. Rimane però da spiegare come possa darsi che non cessi d'essere visibile quando cessa d'avere un disco di diametro sensibile. Questo si spiega col fatto che il punto luminoso, sua imagine sulla retina, è intrinsicamente altrettanto brillante come quando l'imagine occupa un'estensione sensibile. L'occhio è quindi sensibile alla luce quantunque non lo sia alla grandezza dell'imagine; e continua ad essere sensibile alla luce, finchè la distanza sia cresciuta al punto che la luce che entra nella pupilla e che si concentra sulla retina, sebbene della stessa intensità di splendore di prima, è in così piccola *quantità* da non poter produrre una sensazione.

XXXI.

Essendo certo che nessun corpo che risplenda per luce ricevuta, come i pianeti, riescirebbe minimamente visibile anche col sussidio d'un telescopio a distanze di gran pezza minori di quelle che corrono tra il sistema solare e la più prossima stella, ne segue che le stelle devono essere corpi risplendenti di luce propria come il nostro sole: o, ciò che vale lo stesso, che il nostro sole non è che un individuo particolare della grande famiglia di stelle sparsa per tutto l'universo. Ammesso ciò, si presenta una quistione di grande interesse ed importanza ed è di determinare non solo la distanza fra il nostro sole ed i soli circostanti e le distanze di questi altri soli l'uno dell'altro, ma anche la grandezza relativa o lo splendore di questi soli numerosi, in relazione al nostro e l'uno dell'altro.

XXXII.

Uno dei dati più essenziali per risolvere il problema è una valutazione numerica abbastanza esatta dello splendore apparente comparabile delle stelle, quali appajano all'occhio relativamente al nostro sole e fra di loro. A quest'intento si inventarono varii strumenti denominati *fotometri* od *astrometri* i quali raggiunsero lo scopo con maggiore o minor precisione. Senza entrare nei dettagli del principio della costruzione di siffatti strumenti, si può dire che servono a determinare la proporzione fra la quantità di luce trasmessa all'occhio dal sole o dalla luna, o da uno di questi corpi e da una stella, o da differenti stelle paragonate fra loro.

Col loro mezzo sir G. Herschel paragonò la luna piena con alcune stelle fisse, e constatò, dietro undici osservazioni, che il suo splendore stava a quello della stella α del Centauro, da lui scelta come campione delle stelle di prima grandezza, nel rapporto di 27,408 ad 1: in altre parole, egli fece vedere che un gruppo di 27,408 stelle, eguali di splendore alla stella α del Centauro, darebbe la stessa luce della luna piena.

Il Dr. Wollaston con certi metodi fotometrici che si ritengono suscettibili di molta precisione, paragonò la luce del sole e quella della luna piena, e trovò che stavano l'una all'altra nel rapporto di 801,072 ad 1; ossia che perchè lo splendore della luce lunare fosse intenso come quello della luce del sole, bisognerebbe che nel firmamento brillassero insieme 801,072 lune piene.

XXXIII.

Combinando i risultati delle osservazioni di Herschel e di Wollaston, abbiamo i mezzi di stabilire un confronto numerico diretto fra il sole e la stella α del Centauro. Siccome si è visto che la luce di α del Centauro è 27,408 volte minore di quella della luna piena, mentre quella del sole ne è 801,072 volte maggiore, ne consegue evidentemente che la luce che l'occhio riceve dal sole è maggiore di quella che riceve dalla stella nella proporzione di 801,072 volte 27,408 ad 1. Si vede cioè che la luce ricevuta dal sole è eguale in numero tondo, a 21,956 milioni di volte la luce ricevuta da questa stella particolare, che è stata adottata come un bel tipo medio delle stelle di prima grandezza.

XXXIV.

Si è dimostrato teoricamente e verificato colla sperienza, che quando un oggetto luminoso è portato a distanze sempre maggiori dall'occhio, la luce che l'occhio ne riceve diminuisce in quella proporzione secondo cui cresce il quadrato della distanza: cioè che a distanza doppia la luce si riduce ad un quarto, a distanza tripla ad un nono, a distanza quadrupla ad un sedicesimo e così via.

Dietro questo principio non è difficile di calcolare in quale proporzione diminuirebbe la luce apparente del sole per un dato aumento della sua distanza; o quale aumento di distanza sarebbe atto a produrre un dato indebolimento della luce. Cerchiamo dunque a

quale distanza dall' osservatore dovrebbe trovarsi il sole, perchè la sua luce avesse a diminuire nella proporzione di 21,956 milioni ad 1, cioè perchè la sua luce avesse a divenire eguale a quella della stella α del Centauro. Secondo il principio esposto, l'aumento di distanza si otterrà estraendo la radice quadrata da 21,956, ciò che dà 148,175. Ne segue che se il sole venisse trasportato ad una distanza eguale a 148,175 volte quella che ha attualmente, ci sembrerebbe come una stella precisamente simile ad α del Centauro.

Ma si è già veduto che questa stella particolare si trova ad una distanza 225,920 volte maggiore di quella del sole; ora se il sole venisse portato a tale distanza il suo splendore sarebbe minore di quello di α del Centauro nella proporzione del quadrato di 148,175 a quello di 225,920 cioè nella proporzione di 22 a 51.

Siccome dunque il sole a lato della stella α del Centauro ed alla stessa distanza dall'osservatore sembrerebbe meno brillante dalla stella nella proporzione di 22 a 51 ossia di 1 a $^1/_3$ così ne segue che la stella α del Centauro è un sole di superficie più che doppia del nostro, supposto che le loro superficie luminose siano di pari splendore.

XXXV.

Sir G. Herschel trovò che il lustro del Cane Celeste è quadruplo di quello di α del Centauro e secondo i dati esposti nella tavola a pag. 330 la distanza del Cane Celeste o di *Sirio* dal nostro sistema è 896,087 volte quella del sole. Con questi dati si calcolano facilmente le grandezze relative del nostro sole e di Sirio.

Poichè la luce ricevuta da Sirio è quadrupla di quella ricevuta da α del Centauro, mentre quest'ultima è 21,956 milioni di volte minore di quella ricevuta dal sole, ne risulta che la luce ricevuta dal Cane Celeste è 5489 milioni di volte minore di quella che si riceve dal sole. Imaginiamoci ora trasportato il sole alla distanza di Sirio e vediamo quale sarebbe la luce che ne riceveremmo in tal caso. Questa distanza essendo eguale a 866,087 volte quella del sole, il sole alla distanza medesima darebbe una luce minore di quella che dà attualmente nella ragione del quadrato di 896,087 ad 1, cioe in quella di 802,972 milioni ad 1. Ma da quanto si è detto dissopra emerge che il Cane Celeste alla stessa distanza splende con una luce minore di quella del sole nel rapporto di 5489 milioni ad 1. Ne consegue che se il sole e Sirio fossero alla stessa distanza dall'osservatore lo splendore del secondo superebbe quello del primo nella

proporzione di 802,972 a 5489 o di 164 $\frac{1}{4}$ a 1; (1) per cui si giunge alla conseguenza sorprendente che, supposto eguale lo splendore delle superficie di Sirio e del sole, la prima dovrebbe essere 164 volte ed $\frac{1}{4}$ la seconda, cosicchè questo globo stupendo avrebbe un diametro 12,09 volte maggiore di quello del sole, e poichè il diametro di quest'ultimo è di 882,000 miglia, quello di Sirio sarebbe di 10,633,380 miglia.

XXXVI.

Siccome nessun teloscopio, per quanto sia grande, non ha mai fatto vedere nessuna stella con un disco sensibile, si potrebbe conchiuderne che nell'ordine delle investigazioni stellari l'utilità di questo strumento sia inferiore a quella che può vantare in altre applicazioni. Tuttavia è certo che in nessun altro ramo della fisica il telescopio ha condotto a risultati tanto meravigliosi come nelle sue applicazioni all'analisi dell'universo stellare.

Due delle principali condizioni necessarie alla visione distinta sono: primo, che l'immagine sulla retina sia d'una certa grandezza, o, ciò che vale lo stesso, che l'oggetto o la sua imagine sottendano all'occhio un angolo visuale abbastanza grande; e secondo che quell'immagine sia bastevolmente illuminata. Quando, in causa della loro distanza dall'osservatore, gli oggetti visibili non soddisfacciano ad una di queste due condizioni o ad entrambe, il telescopio può ristabilirle. Esso aumenta l'angolo visuale sostituendo all'oggetto remoto a cui l'osservatore non può approssimarsi, una immagine ottica del medesimo, presso i suoi occhi, che può avvicinarsi: e cresce l'illuminazione concentrando su ciascun punto della detta imagine quanti raggi traversano l'apertura dell'obbiettivo, invece del numero molto minore di quelli che ponno entrare nella pupilla dell'occhio nudo; fatte, peraltro, le debite deduzioni della luce che si perde per riflessione alla superficie della lenti e per la trasparenza imperfetta della sostanza di cui sono fatte.

XXXVII.

Sebbene finora non siasi costrutto nessun telescopio che abbia presentato all'osservatore un immagine ottica d'una stella sotto un

(1) Sir G. Herschel tiene la proporzione di 63,02 che è certamente erronea, essendo questo il rapporto dello splendore di Sirio a quello di α del Centauro e non di Sirio al sole. Vedi *Astron. di Herschell,* p. 553, edizione 1849. *N. dell'Autore.*

angolo visuale sensibile, perchè quest' immagine non sembra mai altro che un semplice punto luminoso; il telescopio può nondimeno aumentare in una proporzione grandissima lo splendore di quel punto. È facile a capirsi come avvenga la cosa. Se si imagina l'occhio rivolto ad una stella, come si vede nella fig. 2, il numero dei raggi che ne divergono e in conseguenza il suo splendore apparente è limitato dalla grandezza della pupilla ed è proporzionale ad essa. Ma se il fascio di raggi, prima di arrivare all'occhio, si riceve sull'obbiettivo d'un telescopio per rifrazione, come indica la fig. 3, o sullo specchio concavo d'un telescopio per riflessione, vedi fig. 4., i raggi che lo compongono sono fatti convergere ad un punto, e, l'occhio trovandoglisi vicino per opportune disposizioni, invece di ricevere una quantità di raggi proporzionata alle dimensioni della pupilla, riceve tutti o quasi tutti i raggi che hanno traversato l'oggettivo o che sono stati riflessi dallo specchio concavo. Così, l'intensità della luce ricevuta dall'oggetto sarà aumentata dall'istrumento assai prossimamente nella proporzione del quadrato del diametro della pupilla al quadrato di quello della lente o dello specchio. Ritenendo, per esempio, che il diametro dell'oggettivo sia di 12 pollici e quello della pupilla poco meno d'un ottavo di pollice, al primo sarebbe quasi centuplo del secondo: quindi la luce che entra nell'occhio verrebbe aumentata nella proporzione di quasi 10,000 ad 1.

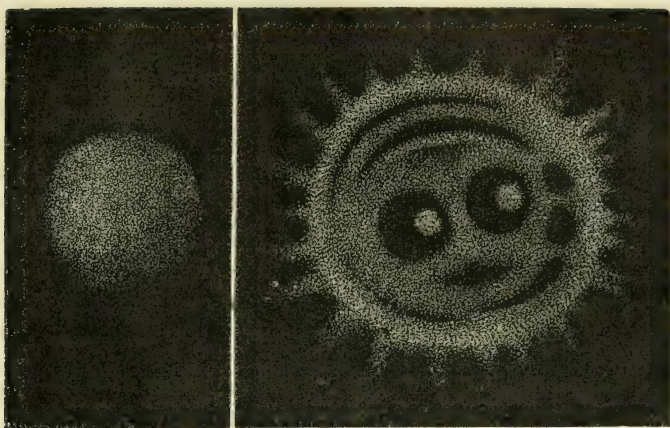



Fig. 52 (1). *Nebulosa rotonda, osservata e disegnata da Sir G. Herschel.*

Fig. 53 (1). *Lo stesso oggetto, come si vedeva nel gran telescopio di Lord Rosse.*

Capitolo terzo.

XXXVIII. Stelle telescopiche. — XXXIX. Potere del telescopio di penetrare lo spazio. — XL. Grande distanza delle piccole stelle telescopiche. *Stelle Periodiche.* — XI. Stelle di lucentezza variabile. — XLII. Stelle rimarcabili di questa specie nella Balena ed in Perseo. — XLIII. Tavole di stelle periodiche. — XLIV. Ipotesi per spiegare le stelle periodiche. *Stelle temporarie:* — XLV. Queste stelle furono vedute anticamente. — XLVI. Stella scoperta da Mr. Hind. — XLVII. Stelle intermittenti. *Stelle doppie.* — XLVIII. Ricerche di Sir Guglielmo e di Sir Gio. Herschel. — XLIX. Stelle otticamente doppie. — L. Questa supposizione non è ammissibile. — LI. È confutata dal movimento proprio. — LII. Classificazione delle stelle doppie. — LIII. Tavola di stelle doppie. — LIV. Stelle doppie colorate. — LV. Stelle triple ed altre stelle multiple. — LVI. Tentativi di scoprire le parallassi mediante le stelle doppie. — LVII. Osservazioni di Sir Guglielmo Herschel.

XXXVIII.

Nei paragrafi precedenti, le nostre osservazioni si restrinsero alle stelle visibili ad occhio nudo. Ma è ovvio che il potere del telescopio di aumentare in una proporzione illimitata la luce che l'occhio riceve da uno di quelli oggetti può renderci visibili delle

(1) Questi oggetti sono disegnati qui in una scala più grande che non nelle figure originali, onde renderne più distinti i dettagli. L'ingrandimento della scala venne fatto anche nelle figure 17, 18, 19, 20, 29, 30, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 57, 58.

stelle la cui luce, a motivo della immensa distanza, sarebbe in troppo piccola quantità per agire sulla retina sensibilmente. Abbiamo detto che nelle condizioni atmosferiche più favorevoli, le viste più acute non ponno discernere stelle di oltre la settima grandezza; ora se supponiamo che queste stelle od altre simili a loro si trovino a distanza doppia la luce che trusmetteranno all' occhio si ridurrà ad una quarta parte, e siccome alla distanza attuale ci riescono a mala pena visibili, saranno affatto invisibili a quella più grande distanza. Se però supponiamo che si diriga verso di loro un telescopio che accresca fino al quadruplo la quantità di luce trasmessa all'occhio, vedute col mezzo di questo, dovranno apparire perfettamente come stelle di settima grandezza e se il telescopio potrà aumentare quella luce in una proporzione maggiore, sembreranno stelle di grandezza maggiore.

Similmente se fingessimo portate le stelle di settima grandezza ad una distanza tripla dell'attuale, la loro luce ricevuta dall'occhio diminuirebbe fino ad un nono della quantità ricevuta attualmente. Con un telescopio che rendesse nove volte maggiore la quantità di luce che entra nell'occhio, si vedrebbero ancora come stelle di settima grandezza.

Seguitando nella stessa maniera, possiamo imaginarci che le stelle di settima grandezza venissero rimosse successivamente ad una distanza quadrupla, quintupla, sestupla.... dell' attuale, con che l'intensità della loro luce si ridurrebbe corrispondentemente ad un sedicesimo, ad un venticinquesimo, ad un trentaseiesimo.... dell' attuale per cui verrebbero così trasportate molto al di là dei limiti di visibilità dell'occhio nudo. Ma dirigendo successivamente su quelle stelle dei teloscopii atti ad aumentare la luce ricevuta dall' occhio nelle proporzioni di sedici, di venticinque, di trentasei.... volte, si dovrebbero sempre vedere come stelle di settima grandezza.

Sebbene sia sommamente credibile, se non è certo, che gli innumerevoli soli che ci appajono come stelle, abbiano grandezze reali differenti, considerandoli in grandi gruppi, potremo ritenerne eguale o quasi eguale la grandezza media, perchè è improbabilissimo che tutti i soli più piccoli si trovino alle maggiori distanze dal nostro sistema solare e tutti i soli più grandi gli siano più davvicino. Ritenendo dunque che la grandezza media delle stelle, prese in ampii gruppi, sia uniforme, ne seguirà che la serie delle loro distanze sarà in proporzione delle radici quadrate delle potenze dei telescopii, atti a concentrare nell' occhio tanto della loro luce, di farli apparire simili a stelle d' una data grandezza, per esempio della settima, vedute ad occhio nudo.

XXXIX.

Tale fu il principio che inspirò a Sir Giovanni Herschel l'idea stupenda di misurare l'universo. Egli concertò di variare la forza che ha il telescopio di concentrare la luce delle stelle, in modo da rendere successivamente visibili quelli che occupano regioni dello spazio comprese fra dati limiti di distanza.

Questo è ciò che s'intende per *potere di penetrare lo spazio* del telescopio.

Se la luce d'una stella di sesta grandezza fosse cento volte minore di quella di una della prima, un telescopio che aumentasse cento volte la luce, la farebbe vedere con uno splendore apparente, eguale a quello d'una stella di prima grandezza.

Per esempio, il telescopio per riflessione adoperato da Sir Guglielmo Herschel in alcuna delle principali ricerche stellari, ha un apertura di 18 pollici, e venti piedi di distanza focale con un ingrandimento di 180 volte. Si trovò che il potere di penetrare lo spazio di questo telescopio, è settantacinque, vale a dire, che se questo telescopio venisse diretto ad una stella di qualunque splendore dato, ne aumenterebbe lo splendore fino a quello che avrebbe, se la sua distanza fosse settantacinque volte più piccola, od altrimenti, che una stella che sembrasse ad occhio nudo dello splendore di quella veduta nel telescopio dovrebbe essere portata ad una distanza settantacinque volte maggiore della presente, per parere nel telescopio dello stesso splendore con cui la si vede ad occhio nudo. Così una stella di sesta grandezza, portata ad una distanza settantacinque volte maggiore dell'attuale, apparirebbe ancora in quel telescopio come una stella di sesta grandezza veduta ad occhio nudo; e se ammettiamo con Sir Giovanni Herschel che una stella di sesta grandezza abbia una luce cento volte più piccola di quella di α del Centauro, e si trovi perciò ad una distanza dieci volte maggiore, ne seguirà che bisognerebbe che la stella α del Centauro fosse rimossa ad una distanza 750 volte maggiore dell'attuale, per apparire in questo telescopio come una stella di sesta grandezza guardata ad occhio nudo.

XL.

Se dunque si ammette, come si può benissimo, che fra le innumerevoli stelle che si trovano oltre i limiti della visione disarmata, e che sono rese visibili dal telescopio, una gran quantità abbia la

stessa grandezza, o la stessa chiarezza intrinseca d'una stella media di prima grandezza, ne risulterà che queste si trovano ad una distanza 750 volte maggiore di quella d'una stella media di prima grandezza, per esempio di α del Centauro. Ma s'è già visto che la distanza di α del Centauro è tale che la luce impiega 3,54217 anni per venire da essa alla terra. Ne consegue che la distanza delle stelle telescopiche in discorso deve essere tale che la luce abbia ad impiegare nel percorrerla

$$3.54217 \times 750 = 2656.6275 \text{ anni}$$

che se si volesse la misura della distanza di queste stelle, presa per unità quella fra la terra ed il sole, si avrebbe

$$225920 \times 750 = 69,440000$$

cioè la distanza di questa stella sarebbe quasi cento settanta milioni di volte la distanza del sole: e siccome quest'ultima distanza in numeri tondi è di cento milioni di miglia, la distanza della stella dovrà essere di diciasette mila bilioni di miglia.

Arriviamo così alla sorprendente conclusione che la distanza di questi oggetti, di cui il telescopio ci ha svelata l'esistenza, deve essere tale che la luce, la cui velocità è di 192000 miglia per secondo, impieghi 2600 anni a percorrerla; in conseguenza di che noi vediamo quegli oggetti non dove sono presentemente ma nel luogo in cui si trovavano 2600 anni fa; e non è fuori d'ogni possibilità fisica che intanto possano aver mutate le condizioni d'esistenza e quindi di apparenza, e che anche siano cessate d'esistere, da più di 2000 anni, mentre noi ora seguitiamo a vederli.

Ciò può dimostrare incidentalmente che l'attuale percezione d'un oggetto visibile non è una prova concludente della sua esistenza attuale. Non prova altro se non che abbia esistito in qualche epoca precedente.

Si vede, dunque, che vi sono numerosi ordini di stelle che in causa della loro lontananza riescono invisibili all'occhio nudo, ma che sono resi visibili dal telescopio: e che, a somiglianza di quelle visibili ad occhio nudo, queste stelle mostrano un'infinita varietà di gradi di grandezza e di splendore, per il che sono state classificate dagli astronomi secondo ordini di grandezze in continuazione numerica di quelli che si erano adottati in modo alquanto indefinito ed arbitrario per le stelle visibili. Così supponendo che l'ordine inferiore delle stelle visibili senza telescopio sia il settimo, il più elevato degli ordini di quelle rilevate dal telescopio sarà l'ottavo, e dopo questo le stelle telescopiche di grandezza mano mano decrescente,

si dicono appartenere alla nona, alla decima, all'undecima, ecc., fino alla sedicesima o diciasettesima grandezza, essendo queste ultime le più piccole stelle che siano rese distintamente visibili dai telescopi di maggior potenza.

Oltre al sottoporre all' osservazione degli oggetti situati oltre la sfera a cui può bastare la visione naturale, il telescopio moltiplicò grandemente il numero degli oggetti visibili entro questa sfera permettendoci di vederne molti che restavano invisibili per la loro piccolezza, o si confondevano con altri per apparente prossimità. Anche fra le stelle visibili ad occhio nudo, ve ne hanno molte, rispetto a cui il telescopio ci ha svelato circostanze fisiche del maggior interesse, che le pongono in strettissima relazione col nostro sistema e dalle quali è provato che le stesse leggi materiali che reggono i pianeti e danno stabilità, uniformità, ed armonia ai loro movimenti, sono in vigore anche nelle regioni più remote dell' universo.

Daremo ora notizia di alcune fra le più rimarchevoli scoperte risguardanti stelle particolari, ed esporremo poi quelle che indicano la distribuzione, le dimensioni, e la forma delle masse collettive di stelle componenti il firmamento visibile, nonchè i risultati di quelle ricerche che il telescopio concesse agli astronomi di eseguire in regioni dello spazio ancora più remote.

Stelle periodiche.

XLI.

Le stelle in generale, come sono ferme nelle loro posizioni apparenti, mostrano altrettanto invariabile la grandezza apparente e lo splendore. Vi sono però, varie rimarchevoli eccezioni. Vennero osservate delle stelle, abbastanza numerose per formarne una classe a parte che presentano delle variazioni periodiche nell' aspetto. Alcune subiscono graduati ed alternativi aumenti e decrementi di grandezza, variando entro limiti determinati e presentando quelle variazioni in eguali intervalli di tempo. Si osserva che alcune raggiungono un certo massimo di grandezza da cui gradatamente e regolarmente declinano fino a sparire interamente. Dopo essere rimaste invisibili per qualche tempo, riappajono e crescono gradatamente fino alla massima grandezza e questa serie di variazioni si ripete regolarmente e periodicamente. Questi oggetti si denominano *Stelle periodiche.*

XLII.

La più rimarchevole di questa classe è la stella segnata Omicron, nel collo della Balena che fu osservata per la prima volta da Davide Fabricius il 13 agosto 1596. Questa stella conserva il suo massimo splendore per circa quattordici giorni, sembrando allora eguale ad una delle maggiori stelle di seconda grandezza. Decresce poi continuamente per tre mesi fino a divenire invisibile. Resta invisibile per cinque mesi, poi riappare e cresce gradatamente per tre mesi fino a ricuperare il massimo splendore. Tale è la successione generale delle sue fasi. L' intero periodo è di circa 332 giorni. Questo periodo non è sempre lo stesso e le gradazioni di chiarezza per cui passa si dicono soggette a variazione. Hevelius narra che nell' intervallo tra il 1672 ed il 1676 non riapparve affatto.

Alcune osservazioni e ricerche recenti del signor Argelander rendono probabile che il periodo di questa stella soggiaccia a variazioni, periodiche anch' esse, essendone il periodo alternativamente aumentato e diminuito di venticinque giorni. Anche le variazioni del suo massimo lustro sono probabilmente periodiche.

La stella chiamata *Algol*, nella testa di *Medusa*, nella costellazione di *Perseo*, offre un esempio singolare della rapidità con cui si succedono talvolta questi cambiamenti periodici. Questa stella appare generalmente come una di seconda grandezza, ma allo spirare di ogni sessantadue ore, occorre un intervallo di sette ore, nelle prime tre e mezza delle quali diminuisce gradatamente di chiarezza fino a ridursi come una stella di quarta grandezza, e nelle altre tre ore e mezza ritorna a crescere gradatamente fino a riacquistare la grandezza di prima. Così, se riteniamo che abbia raggiunto il massimo splendore a mezzanotte del primo giorno del mese, le variazioni avranno luogo come segue:

G.	O.	M.		G.	O.	M.	
0	0	0	fino a	2	14	0	appare di 2ª grandezza.
2	14	0	» »	2	17	24	decresce gradatamente fino alla 4ª grandezza.
2	17	24	» »	2	20	48	cresce gradatamente fino alla 2ª grandezza.
2	20	48	» »	5	10	48	appare di 2ª grandezza.
5	10	48	» »	5	14	12	decresce fino alla 4ª grandezza.
5	14	12	» »	5	17	36	cresce » » 2ª »
	ecc.				ecc.		ecc.

Questa stella presenta un esempio interessante della classe in discorso, mentre è sempre visibile ed il suo periodo è tanto breve che si può osservare con frequenza e comodamente la successione delle fasi. È situata circa il piede della costellazione *Andromeda* e giace pochi gradi a nord est di tre stelle di quarta grandezza ai vertici di un triangolo.

Goodricke che scoperse nel 1782 i fenomeni periodici di Algol spiegò queste apparenze col supporre che qualche corpo opaco gli girasse attorno, trovandosi così periodicamente frapposto tra la terra e la stella in modo di intercettare gran parte della sua luce.

Le più recenti osservazioni su questa stella indicano una diminuzione del suo periodo che continua con crescente rapidità. Sir Giovanni Herschel opina che questa diminuzione toccherà un limite e che sarà poi seguita da un aumento, cosicchè si verificherà che anche la variazione è periodica.

Le stelle δ in *Cefeo* e β nella *Lira* sono rimarchevoli per la periodicità regolare del loro splendore. La prima passa dalla minima alla massima lucentezza in trentotto ore, e dalla massima alla minima in novanta e una ora. I cambiamenti di lucidezza dell'altra, secondo le recenti osservazioni del sig. Argelander sono assai complicati e curiosi. Il suo periodo totale è di 12 giorni, 21 ore, 53 minuti, 10 secondi, e in questo tempo dapprima cresce di splendore, poi decresce, poi torna a crescere e decresce nuovamente, arrivando a due massimi ed a due minimi. Il suo splendore ai due massimi è quello d'una stella della grandezza 3, 4, ad uno dei minimi è come di una stella della grandezza 4, 3 e all'altro come d'una stella della grandezza 4, 5. Anche in questo caso si trovò che varia periodicamente anche il periodo della stella.

XLIII.

Nella Tavola seguente sono date le stelle periodicamente variabili, scoperte fino al 1848, coi loro periodi e coi loro estremi di lucentezza. Questa tavola venne tratta da varie memorie astronomiche di sir Giovanni Herschel.

NB. Nella tavola le lettere C. A. B. indicano il Catalogo dell'Associazione Britannica, B. il catalogo di Bode. I numeri davanti al nome della costellazione (p. e. 34 del Cigno) indicano le stelle secondo il catalogo di Flamsteed. Dopo composta questa tavola, ci vennero comunicate da Mr. Hind quattro stelle addizionali, che variano dalla 8^a o 9^a grandezza a 0 e le cui posizioni sono individuate

come segue: (1) A. R. 1^o. 38^m. 24^s.; N. P. D. 81^o. 9 39″; (2) 4^o. 50^m. 42^s; 80^o. 6′. 36″. (1846); (3) 8^o. 43′ 8″, 86^o 11′ (1800); (4) 22^o. 12^m. 9^s, 82^o. 54′ 24″ (1800). Mr. Hind osserva che alcune stelle variabili lasciano scorgere qualche grado di nebulosità quando sono nella minima grandezza. Sono forse circondate da nubi che le seguano in qualità di pianeti o di comete? Egli attira anche l'attenzione sul fatto che il colore rosso predomina in generale nelle stelle variabili. La stella doppia, num. 2718 del Catalogo di Struve, A. R. 20^o 34^m: P. D. 77^o 54′ è indicata da sir Giovanni Herschel come variabile. Il Capitano Smyth, (Ciclo Celeste 274) mette fra le variabili anche 3 del Leone e 18 del Leone, la prima dalla 6^a grandezza a 0, con un periodo di 78 giorni, e l'altra dalla grandezza 5^a alla 10^a con un periodo di 311^g. 23^o, però senza citare nessuna autorità. Piazzi annumera fra le stelle variabili le 96 e 97 delle Vergine e 38 di Ercole.

Per molte delle stelle registrate nella tavola seguente le variazioni di splendore soggiaciono a molta irregolarità. Così il N. 13, fu appena visibile dopo il 1698 per la durata di tre anni, anche nelle epoche in cui avrebbe dovuto avere il massimo splendore. Gli estremi di lucentezza del N. 9 sono pure assai variabili ed irregolari. Ordinariamente le variazioni del N. 22 sono di così poca entità, da riescire percettibili a fatica, ma talvolta si fanno repentinamente di tale grandezza che la stella scompare affatto. Le variazioni del N. 25 furono assai distinte dal 1836 al 1840 ed anche nel 1849, ma furono molto minori nel tempo intermedio.

XLIV.

Si proposero varie spiegazioni di queste apparenze.

1°. Sir Guglielmo Herschel opinava che l'ipotesi che le stelle presentassero delle macchie analoghe a quelle del sole, combinata con quella della rotazione delle stelle sui rispettivi assi, analoga alle rivoluzioni sui loro assi del sole e dei pianeti, offrisse una spiegazione del fenomeno così ovvia e soddisfacente, da non doversene cercare altra.

2.° Newton congetturò che le variazioni di splendore potessero essere prodotte da comete che cadessero in quei soli lontani, cagionandovi conflagrazioni temporarie. Lasciando le altre obiezioni a questa congettura, basta per porla in disparte la sua insufficienza a spiegare la periodicità del fenomeno.

Numero	Stella	Periodo	Variazione di grandezza da	a	Scoperta da
		gior. dec.	da	a	
1	β di Perseo (Algol) . . .	2·8673	2	4	Goodricke, 1782.
2	λ del Tauro	4+	4	5.4	Baxendell, 1848.
3	δ di Cefeo	5·3664	3·4	5	Goodricke, 1784.
4	η dell'Aquila	7·1763	3·4	4·5	Pigott, 1784.
5	* del Cancro A. R. (1800) = 8° 32·5m N. P. D. 70° 15′	9·015	7·8	10	Hind, 1848.
6	ζ dei Gemelli.	10·2	4·3	4·5	Schmidt, 1847.
7	β della Lira	12.9119	3·4	4·5	Goodricke, 1784.
8	α di Ercole	63±	3	4	Herschel, 1796.
9	59 B. dello Scudo A. R. (1801) = 18° 37m N. P. D. = 95° 57′ .	71·200	5	0	Pigott, 1795.
10	ε dell'Auriga	250±	3	4	Heis, 1846.
11	o della Balena (Mira) . .	331·63	2	0	Fabricio, 1596.
12	* del Serpente A. R. (1828) = 15° 46m 45s N. P. D. 74° 20′ 30″ . .	335±	7?	0	Harding, 1826.
13	χ del Cigno	396·875	6	11	Kirch, 1687.
14	υ dell'Idra (C. A. B. 4501).	494±	4	10	Maraldi, 1704.
15	* di Cefeo (C. A. B. 7582)	5 o 6 anni	3	6	Herschel, 1782.
16	34 del Cigno (C. A. B. 6990)	18 anni ±	6	0	Janson, 1600.
17	* del Leone (C. A. B. 3345)	Molti anni	6	0	Koch, 1782.
18	κ del Sagittario	Idem	3	6	Halley, 1676.
19	ψ del Leone	Idem	6	0	Montanari, 1667.
20	η del Cigno	Idem	4·5	5·6	Herschel, giug. 1842
21	* della Vergine A. R. (1840) = 12° 3m N. P. D. 80° 8′.	145 giorni	6.7	0	Harding, 1814.
22	* della Corona Bor. (C. A. B. 5236)	$10\frac{1}{2}$ mesi	6	0	Pigott, 1795.
23	7 dell'Ariete (C. A. B. 581).	5 anni?	6	8	Piazzi, 1798.
24	η di Argo	Irregolare	1	4	Burchell, 1827.
25	α di Orione	Idem	1	1·2	Herschel, giug. 1836
26	α dell'Orsa maggiore . .	Alcuni anni	1.2	2	Idem, 1846.
27	η dell'Orsa maggiore . .	Idem	1·2	2	Idem, 1846.
28	β dell'Orsa minore . . .	2 o 3 anni?	2	2·3	Struve, 1838.
29	α di Cassiopea	225 giorni?	2	2·3	Herschel, giug. 1838
30	α dell'Idra	29 o 30 giorni?	2·3	3	Idem, 1837.
31	* A. R. (1847) = 22° 58m 57·9s N. P. D. = 80° 17′ 30″	Ignoto	8?	0	Hind, 1848.
32	* A. R. (1848) = 7° 33m 55·2s N. P. D. = 66° 11′ 56″.	Idem	9	0	Idem, 1848.
33	* A. R. (1848) = 7° 40m 10·3s N. P. D. = 65° 53′ 29″	Idem	9	0	Idem, 1848.
34	Circa * A. R. 22° 21m 0·4s (1848) N. P. D. = 100° 42′40″	Idem	7.8	0	Rümker.
35	* A. R. (1848) = 14°44m 39·6s N. P. D. = 101° 45′ 25″	Idem	8	9·10	Schumacher.
36	δ dell'Orsa maggiore . .	Molti anni	2?	2·3	Soggetto di osservazione generale

3.º Maupertuis suggerì che alcune stelle potessero avere la forma di sottili dischi piatti, acquistata o per una rotazione sull'asse estremamente rapida, o per qualche altra causa fisica. L'anello di Saturno ne offrirebbe un esempio entro i limiti del nostro sistema, e le scoperte moderne nell'astronomia delle nebulose somministrano altri esempi di simil forma. L'asse di rotazione d'un tal corpo potrebbe soggiacere ad una variazione periodica analoga alla nutazione dell'asse terrestre, per cui la faccia piana del disco potrebbe essere volta più o meno verso la terra in epoche differenti, e quando la stella presentasse il margine alla terra, questo potrebbe essere tanto sottile da riuscire invisibile. Simili vicende di fenomeni riscontrano nel caso dell'anello di Saturno quantunque in forza di cause differenti.

4.º Mr. Dunn congetturò che una densa atmosfera che circondasse la stella e nelle differenti parti si lasciasse traversare più o meno facilmente dalla luce, basterebbe a spiegare il fenomeno. Questa congettura, del resto vaga, indefinita ed improbabile è affatto inetta a spiegare la periodicità del fenomeno.

5.º Venne suggerito che l'oscuramento periodico od il totale scomparire della stella potessero dipendere dai passaggi dei suoi pianeti dinanzi la stella. I passaggi di Venere e di Mercurio formano la base di questa congettura.

I passaggi di qualunque dei pianeti del sistema solare veduti da una stella, non basterebbero a rendere il sole una stella periodica. Le grandezze anche dei maggiori pianeti sono affatto insufficienti ad un simile effetto. Si rispose a questa obiezione che intorno agli altri soli ponno girare pianeti di grandezza relativa di gran lunga maggiore. Ma perchè la grandezza d'un pianeta bastasse a produrre nei suoi passaggi quei notevoli oscuramenti, dovrebbe essere di ben poco inferiore a quella del suo sole, o almeno dovrebbe essere assai considerevole rispetto a quella del sole; e in questo caso si può obiettare che non si potrebbe più assicurare la predominanza d'attrazione necessaria a mantenere quel sole nel centro del suo sistema. A quest'altra obiezione fu risposto che anche con un gran *volume* relativo, il pianeta può avere una piccolissima *densità* relativa, e che siccome l'attrazione di gravità non dipende che dalle effettive quantità di materia, si può conciliare la predominanza della massa solare col gran volume relativo del pianeta, supponendo la densità dell'una molto maggiore di quella del secondo. La densità del sole, p. e. è assai maggiore di quella di Saturno.

6º. Si è anche detto che possono esistere dei sistemi il cui corpo centrale sia un pianeta seguito da un sole più piccolo, il quale gli

giri attorno come la luna gira intorno alla terra, e in questo caso l'oscuramento periodico del sole potrebbe essere prodotto dal suo passare, una volta ad ogni rivoluzione, dietro il pianeta centrale.

Tali sono le varie congetture proposte per spiegare le stelle periodiche, e siccome non sono che semplici congetture, che a stento meritano il nome di ipotesi e di teorie, lasceremo che ognuno le prenda per quello che valgono.

Stelle Temporarie.

In molte stelle vennero osservati dei fenomeni simili per molti rispetti a quelli ora descritti, ma che non presentano ricorrenza, ripetizione o periodicità. Apparvero cioè di tanto in tanto, in varie parti del firmamento delle stelle che brillarono di straordinario splendore per poco tempo e poi scomparvero, senza essere state mai più vedute.

XLV.

La prima stella di questa classe di cui si abbia memoria, è una che fu osservata da Ipparco, 125 anni avanti Cristo, e la cui scomparsa si dice che abbia indotto quell'astronomo a comporre il suo celebre catalogo delle stelle fisse: opera che nei tempi moderni si trovò di grande valore ed interesse. Nell'anno 389 dell'era nostra, apparve presso ad α dell'Aquila una stella che brillò per tre settimane con uno splendore eguale a quello del pianeta Venere, dopo di che disparve e non fu più veduta. Negli anni 945, 1264, e 1572 apparvero delle stelle brillanti fra le costellazioni Cefeo e Cassiopea. I dati sulle posizioni di questi oggetti sono oscuri ed incerti, ma dall'essere quasi eguali gli intervalli fra le epoche delle loro apparizioni, si congetturò che non fossero che i ritorni successivi di una medesima stella periodica, il cui periodo fosse di circa 300 anni, o forsanco la metà di questo intervallo.

L'apparizione della stella del 1572 fu sommamente rimarchevole ed avendo avuto per testimonii i più eminenti astronomi d'allora, le notizie che se ne hanno si ponno ritenere ben degne di fede. Ticone Brahe nel ritornare la sera dell'11 novembre dall'osservatorio a casa sua, incontrò una folla di contadini che guardavano ad una stella ch'egli sapeva di certo che non esisteva mezz'ora prima. Era la stella temporaria del 1572, brillante come Sirio, che continuò poi a crescere di splendore fino a sorpassare Giove, il più brillante dei pianeti, e

raggiunse da ultimo tale fulgore da riuscire visibile a mezzogiorno. Cominciò a svanire in dicembre e scomparve affatto nel marzo 1574.

Il 10 ottobre, 1604, apparve repentinamente nella costellazione del Serpentario una splendida stella, fulgida come quella del 1572. Continuò a vedersi fino all'ottobre, 1605, poi sparì.

XLVI.

Una stella di quinta grandezza, facilmente visibile ad occhio nudo fu osservata da Mr. Hind, nella costellazione d'Ofiuco, la notte del 28 aprile 1848. Conoscendo perfettamente quest' osservatore la regione del cielo in cui la vide, era certissimo che prima del 5 aprile non vi si trovava stella di grandezza superiore alla nona, e che non era registrata nei cataloghi nessuna stella che corrispondesse in qualche parte a quella da lui veduta nel giorno 28. Si continuò a vedere la stella finchè l'avanzarsi della stagione e la sua poca altezza resero impossibile l'osservazione. Diminuì però continuamente di splendore fino a che disparve, e non fu più veduta dappoi.

XLVII.

Alla classe delle stelle temporarie si ponno riferire i casi di numerose stelle scomparse dal firmamento. Esaminando attentamente i cieli e confrontando gli oggetti osservati coi vecchi cataloghi, ed i cataloghi antichi coi moderni, si riconosce che mancano molte delle stelle conosciute agli antichi; quantunque, secondo osserva sir Giovanni Herschel, non ci sia dubbio che in molti casi queste perdite apparenti derivino da annotazioni erronee, è però altrettanto certo, che in molti casi non vi può essere stato errore nè di osservazione nè di annotazione, e che una stella realmente osservata in un'epoca precedente è certamente scomparsa in appresso.

Considerando la grande lunghezza di molti dei periodi di fenomeni astronomici, risulta tutt'altro che improbabile che questi fenomeni, i quali parevano occasionali, fortuiti e dipendenti dall'azione di cause fisiche non regolari, come erano quelle indicate dalla classe delle stelle variabili di cui si è già discorso; possano infine non essere altro che stelle periodiche della medesima specie, le cui apparizioni e scomparse siano prodotte da simili cause. Tutto ciò che consta di certo a loro riguardo è che sono apparse o scomparse una volta nel breve periodo di tempo in cui si fecero e si registrarono osservazioni astronomiche. Nel caso che siano stelle periodiche, con un periodo

più lungo di questo intervallo, quei fenomeni non ponno essersi offerti a noi che una volta, e collo scorrere dei secoli, quando il futuro si sarà tramutato in passato, gli astronomi potranno osservare la prossima ricorrenza delle loro fasi e scoprire che è regolare, armonico e periodico, ciò che a noi sembra fortuito, occasionale ed anomalo.

Stelle doppie.

Esaminando ad una ad una le stelle con telescopi d'una certa forza, si trova che molte di esse, le quali ad occhio nudo sembrano una stella sola, in realtà sono due stelle tanto vicine l'una all'altra da parerci una sola. Queste si chiamano *Stelle doppie.*

XLVIII.

Non si era scoperto che un numero assai scarso di simili oggetti prima che le fatiche ed il genio di sir Guglielmo Herschel apportassero al telescopio un grande incremento di forza. Questo astronomo osservò e registrò 500 stelle doppie: ed osservatori posteriori, fra cui tiene il primo luogo suo figlio, Giovanni Herschel, ne portarono il numero a 6000.

XLIX.

La vicinissima giustaposizione apparente di due stelle nel firmamento sarebbe un fenomeno facile a spiegarsi e da non eccitare sorpresa. Una simile apparenza potrebbe essere prodotta dalla circostanza fortuita che le visuali dirette alle due stelle dalla terra comprendessero un angolo piccolissimo, nel qual caso, sebbene in realtà le due stelle potrebbero distare fra di loro in cielo come due altre stelle qualun-

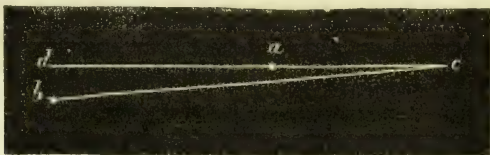



Fig. 54.

que, *sembrerebbero* nondimeno unite insieme. Colla fig. 54 si può capire facilmente la cosa. Siano *a* e *b* le due stelle vedute da *c*. La stella *a* si vedrà relativamente a *b* come se fosse in *d* e i due og-

getti parranno in stretta contiguità: quando poi l'angolo contenuto dalle rette *a c* e *b c* sarà minore dalla somma dei semidiametri apparenti delle due stelle, sembrerà che queste si tocchino realmente.

L.

Quando gli oggetti in discorso fossero in piccol numero si potrebbe ammettere la spiegazione data; e in molti casi può essere propriamente questa la causa del fenomeno. Nondimeno le eventualità contro tale prossimità delle visuali sono così grandi che questa riesce affatto inconciliabile col gran numero di stelle doppie scoperte, anche se non vi fossero, come invece esistono, altre prove che la detta prossimità e compagnia non è accidentale nè di pura apparenza, ma che anzi la connessione è reale e che gli oggetti sono uniti da un vincolo fisico simile a quello che lega i pianeti col sole.

Oltre poi alle prove che si posseggono di reale prossimità in molte stelle doppie e che fra poco si esporranno, si è dimostrato che è quasi infinita la probabilità contro la semplice giustaposizione ottica descritta più indietro. Il professore Struve ha fatto vedere che prendendo il numero delle stelle fino alla settima grandezza inclusiva, di cui l'osservazione ha fatto conoscere l'esistenza, e supponendole sparse fortuitamente su tutto il firmamento, la probabilità contro il caso che due di esse abbiano ad avere tra loro una vicinanza di 4″ sarebbe nella proporzione di 9570 a 1. Pure, quando venne eseguito il calcolo, si conoscevano assai più di 100 casi di una simile giustaposizione di due stelle. Lo stesso astronomo calcolò pure, che la probabilità contraria al caso che una terza stella avesse a trovarsi entro 32″ dalle prime due è nella proporzione di 173254 a 1; eppure il firmamento presenta almeno quattro combinazioni ternarie.

Fra gli esempi più salienti di stelle doppie si può citare, la splendida stella *Castore*, che sufficientemente ingrandita, si risolve in due stelle fra la terza e la quarta grandezza ed entro cinque secondi di distanza l'una dall'altra. Ve ne sono però molte separate da intervalli minori di un secondo, come ε dell'*Ariete, Atlante* delle *Plejadi*, γ della *Corona*, η e ζ di *Ercole* e τ e λ di *Ofiuco*.

LI.

Da una circostanza che verrà ora pienamente spiegata, si tira un altro argomento contro l'ipotesi di una mera giustaposizione ottica accidentale, senza che esista una congiunzione fisica. Si è scoperto

che certe stelle possiedono un *movimento proprio*, cioè un movimento che appartiene esclusivamente a quella stella particolare, senza che vi prendano parte le circostanti. Ora, parecchie fra le stelle doppie hanno un movimento proprio. Se una sola delle due stelle fosse affetta da questo movimento, e l'altra non vi partecipasse, sarebbe inevitabile la loro separazione a certe epoche successive, giacchè la prima dovrebbe necessariamente scostarsi dall'altra. Ma non si verificò mai un solo esempio di tali separazioni, per cui è chiaro che il moto proprio d'una delle stelle ha luogo egualmente nell'altra e che quindi la loro contiguità è reale e non è una semplice illusione ottica.

LII.

L'osservazione sistematica delle stelle doppie, e la loro raccolta in cataloghi colle descrizioni individuali, cominciata da sir Guglielmo Herschel, fu continuata con molta attività e con grande successo da sir Giovanni Herschel, sir G. South e dal professore Struve, cosicchè il numero delle stelle doppie attualmente conosciute di carattere e di posizione, arriva a parecchie migliaja, nelle quali i membri di ciascuna coppia sono separati fra loro di meno di 32″. Vennero classificate dal professor Struve secondo la grandezza della separazione, componendo la prima classe quelle la cui distanza non supera 1″, la seconda quelle la cui distanza è fra 1″ e 2″, la terza fra 2″ e 4″, la quarta fra 4″ e 8″, la quinta fra 8″ e 12″, la sesta fra 12″ e 16″, la settima fra 16″ e 24″, e l'ottava fra 24″ e 32″.

LIII.

Le stelle doppie della tavola seguente vennero scelte da sir Giovanni Herschel dal catalogo di Struve, come esempi di ciascuna classe, opportunissime alle osservazioni dei dilettanti, che col mezzo delle medesime vogliano sperimentare l'efficacia dei loro telescopii.

LIV.

Uno dei caratteri osservati più frequentemente nelle stelle doppie è che le stelle accoppiate assieme sono di color differente. Alle volte i due colori sono complementari; e in questo caso può darsi che la meno brillante delle due stelle sia bianca e sembri del colore complementare di quello dell'altra. Ciò per una notissima legge di ottica la

quale dice che la retina fortemente eccitata da una luce di un colore particolare diviene insensibile ad una luce meno viva dello stesso colore; e così di tutta la luce ricevuta dalla stella meno brillante la retina essendo meno sensibile alla parte di colore identico a quello dell'altra stella, dovrà risultare più viva l'impressione dell'altra parte e dovrà quindi prevalere l'impressione del colore complementario. Però, in molti casi, i colori delle due stelle sono propriamente differenti.

0″ a 1″	1″ a 2″	2″ a 4″	4″ a 8′
γ della CoronaBor.	γ del Compasso	α dei Pesci.	α della Croce.
γ del Centauro.	δ del Cigno.	β dell'Idra.	α di Ercole.
γ del Lupo.	ε del Camaleonte.	γ della Balena.	α dei Gemelli.
ε dell'Ariete.	ζ di Boote.	γ del Leone.	δ dei Gemelli.
ζ di Ercole.	ι di Cassiopea.	γ dellaCoronaAus.	ζ dellaCoronaBor.
η della Corona.	ι 2 del Cancro.	γ della Vergine.	θ della Fenice.
η di Ercole.	ξ dell'Orsa Mag.	δ del Serpente.	κ di Cefeo.
λ di Cassiopea.	π dell'Aquila.	ε di Boote.	λ di Orione.
λ di Ofiuco.	σ dellaCoronaBor.	ε del Dragone.	μ del Cigno.
π del Lupo.	2 della Giraffa.	ε dell'Idra.	ξ di Boote.
φ del Dragone.	32 di Orione.	ζ dell'Aquario.	ξ di Cefeo.
φ dell'Orso Mag.	52 di Orione.	ζ di Orione.	π di Boote.
χ dell'Aquila.		ι del Leone.	ρ del Capricorno.
ω del Leone.		ι del Triangolo.	ν di Argo.
Atlante delle Plejadi.		κ della Lepre.	ω dell'Auriga.
4 d'Acquario.		μ del Dragone.	μ di Eridano.
42 della Chioma.		μ del Cane.	70 di Ofiuco.
52 dell'Ariete.		ρ di Ercole.	12 di Eridano.
66 dei Pesci.		σ di Cassiopea.	32 di Eridano.
		44 di Boote.	44 di Ercole.

8″ a 12′	12″ a 16″	16″ a 20″	24″ a 32″
β di Orione.	α del Centauro.	α Can. Ver.	δ di Ercole.
γ dell'Ariete.	β di Cefeo.	ε della Squadra.	η della Lira.
γ del Delfino.	β dello Scorpione.	ζ dei Pesci.	ι del Cancro.
ζ Antliæ Pn.	γ del Volante.	θ del Serpente.	κ di Ercole.
η di Cassiopea.	η del Lupo.	κ dellaCoronaAus.	κ di Cefeo.
θ di Eridano.	ζ dell'Orsa Mag.	κ del Toro.	ψ del Dragone.
ι di Orione.	κ di Boote.	24 della Chioma.	κ del Cigno.
f di Eridano.	8 del Monoceronte.	41 del Dragone.	23 di Orione.
2 Can. Ver.	61 del Cigno.	61 di Ofiuco.	

Quando i colori sono complementari, la stella più brillante è per lo più di color rosso chiaro o ranciato e l'altra pare azzurrognola o verdognola. Le stelle doppie ι del Cancro e γ di Andromaca ne offrono

un esempio. Secondo sir G. Herschel s'incontrano in molte parti del firmamento delle stelle isolate di color rosso, alcune quasi d'un rosso sanguigno; ma non si dà esempio d'una stella decisamente verde od azzurra scompagnata da un altra molto più brillante.

LV.

Dirigendo sopra alcune delle stelle, che cogli strumenti più comuni sembrano doppie, dei telescopi di maggior potenza si trova che consistono di tre o più stelle. Talvolta una sola delle due stelle è doppia cosicchè la combinazione è ternaria; altre volte sono doppie amendue, formando allora una stella quadrupla. La stella ε della Lira porge un esempio di questa seconda classe. Alcune volte la terza stella è molto più piccola delle due principali, come nel caso di ζ del Cancro, ξ dello Scorpione, η del Monoceronte, e 12 del Lince. In altri casi, come in θ di Orione, le quattro stelle componenti sono tutte cospicue.

LVI.

Quando le stelle doppie si attirarono per la prima volta l'attenzione degli astronomi, si pensò che potessero offrire un mezzo quasi sicuro di determinare la parallasse annua e di scoprire quindi la distanza delle stelle. Supponendo che le due stelle componenti una stella doppia, mentre giacciono quasi nella stessa direzione guardandole dalla terra, siano a distanze differentissime, si può presumere che la loro posizione relativa apparente debba cambiare nelle varie stagioni dell'anno in causa del cambiare di posizione della terra.

Rappresentino A e B, fig. 55, le due stelle componenti una stella doppia. Figurino C e D due posizioni della terra nella sua orbita annua, occupate ad un intervallo di mezzo anno l'una dall'altra, e situate perciò da parti opposte rispetto al sole S. Guardando la stella doppia da C, la stella B sarà alla sinistra di A; e guardandola da D, B sarà alla destra di A. Nel semestre intermedio si effettuerà a poco a poco questo cambiamento di posizione apparente, e sembrerà che una stella giri annualmente intorno all'altra, o che oscilli semestralmente da una parte all'altra di essa. L'ampiezza del suo movimento, confrontata col diametro C D dell'orbita terrestre, somministrerà i dati necessarj per determinare la proporzione fra le distanze delle stelle e quel diametro.

Il gran problema delle parallassi stellare pareva così ridotto a misurare il breve intervallo fra le stelle componenti d'una stella doppia; e, per buona fortuna, i micrometri adoperati negli strumenti astronomici erano atti a misurare questi minimi angoli con una precisione molto maggiore di quella che si potesse raggiungere nell'osservare grandi distanze angolari. Si aggiungeva a questi vantaggi la mancanza di tutti gli errori che possono dipendere dalla rifrazione, di quelli dipendenti dalla graduazione degli strumenti, dall'incertezza del livello e del filo a piombo, dalla valutazione dell'aberrazione e della precessione: a dir breve, da tutti gli effetti che, avendo la stessa influenza su ciascuna delle stelle osservate, non potevano entrare nei risultati delle osservazioni, qualunque si fossero.

Fig. 55.

LVII.

Queste considerazioni destarono negli astronomi una gran fiducia di possedere i mezzi di risolvere completamente il gran problema della parallasse stellare, e Sir Guglielmo Herschel s'impegnò, coll'ardore e colla sagacità che lo distinguono, in una estesa serie di osservazioni sulle numerose stelle doppie, della cui scoperta la scienza gli andava debitrice. Non si era però, avanzato di molto nelle sue ricerche, quando gli si svelarono fenomeni che indicavano ad una scoperta di un ordine e di un interesse assai più elevato che non la parallasse da lui cercata. Egli trovò che le posizioni relative delle componenti di molte stelle doppie da lui esaminate subivano un cambiamento, ma che il periodo di questo non aveva relazione col periodo del moto della terra. È evidente che un apparenza prodotta dal moto annuo delle terra, qualunque ella sia, deve essere non solo periodica e regolare, ma deve passare ogni anno per la medesima serie di fasi, presentando sempre la stessa fase ad ogni ritorno d'una stessa epoca dell'anno sidereo. Nei cambiamenti di posizione osservati da Sir Guglielmo Herschel nelle stelle doppie, non si presentavano siffatte vicende di fasi. Si scoprivano in breve periodiche, è verissimo; ma questi periodi erano regolati da intervalli che non corrispondevano nè l'uno coll'altro, nè con quello del moto annuo della terra.

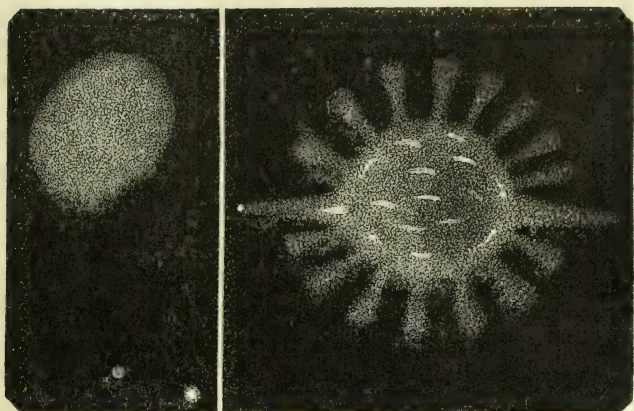



Fig. 56. — *Nebulosa ovale azzurrognola, osservata da Sir Gio. Herschel.*

Fig. — 57. *Lo stesso oggetto, veduto nel gran telescopio di Rosse.*

Capitolo Quarto.

LVIII.

Si dovette dunque cercare qualche altra spiegazione del fenomeno, e l'illustre osservatore giunse ben presto a conchiudere che questi apparenti cambiamenti di posizione erano dovuti ad effettivi movimenti

delle stelle: che in fatti quelle stelle movevansi in orbite proprie analoghe a quelle descritte dei pianeti intorno al sole. La lentezza con cui succedevansi i cambiamenti osservati rendeva necessario che se ne vegliasse per lungo tempo l'andamento, prima che si potessero conoscere con certezza o con precisione quei movimenti; e difatti, quantunque queste ricerche venissero cominciate nel 1778, non fu che nell'anno 1803 che l'osservatore ebbe raccolto dati sufficenti per giustificare qualunque conclusione affermativa sui loro movimenti orbitali. In quall'anno e nel seguente, sir Guglielmo Herschel annunciò alla Società Reale, in due memorabili memorie lette innanzi a qual Corpo, che esistevano dei sistemi siderei composti di due stelle giranti l'una attorno all'altra in orbite regolari, che egli denominò *Stelle binarie* per distinguerle dalle stelle doppie, come si chiamano generalmente, nelle quali non si scorge nessun cambiamento periodico di posizione. Entrambi i membri d'una stella binaria sono ad eguali distanze dall'occhio, in quel senso in cui si dice che il pianeta Urano ed i suoi satelliti si trovano alla stessa distanza.

Osservazioni più recenti confermarono pienamente quelle rimarchevoli scoperte. Nel 1841, Mädler publico un catalogo di più di 100 stelle di questa classe, e il loro numero crebbe ad ogni anno. Per osservare queste stelle ci vogliono i migliori telescopi, perchè generalmente sono in tanta contiguità da rendere indispensabili i più forti ingrandimenti.

LIX

Nel momento in cui venne constatata la rivoluzione d'una stella intorno ad un altra, si suggerì spontaneamente l'idea che il gran principio della gravitazione universale si potesse estendere a quelle remote regioni dell'universo. Newton aveva dimostrato nei suoi *Principii* che se un corpo è fatto muovere, descrivendo un'ellisse, da una forza attrattiva diretta ad uno dei suoi fuochi, questa forza deve variare d'intensità secondo la legge caratteristica della gravitazione. Perciò un orbita ellittica divenne un'argomento per dire che domini la legge della gravitazione. Se si potesse dunque verificare che le orbite delle due stelle fossero ellittiche, si potrebbe conchiuderne assieme il fatto che quella legge, la cui scoperta rese tanto celebre il nome di Newton, non è confinata al sistema solare, ma regna in tutto l'universo.

Nome delle Stelle.	Semiasse apparente.	Eccentricità.	Posizione del nodo.	Perielio dal nodo od Orbite.	Inclinazione.	Periodo in anni.	Passaggio al perielio.	Calcolata da
1. Ercole . . .	1,189′	0.44454	39° 26′	262° 4′	50° 53′	31,468	1829,50	Mädler.
2. η della Corona B	1,088	0,33760	24. 18	261. 21	71. 8	43,246	1815.23	Idem.
3. ζ del Cancro .	1,292	0,23486	1. 28	266. 0	63. 17	58,910	1853,37	Idem.
4. a. ξ dell'Orsa Mag.	3,857	0,41640	95. 22	131. 38	50. 40	58,262	1817,25	Savary.
4. b. idem . .	3,278	0,37770	97. 47	134. 22	56. 6	60,720	1816,73	Herschel, giovane.
4. c. idem . .	2,417	0,41350	98. 52	130. 48	54. 56	61,464	1816,44	Mädler.
5. ω del Leone. .	0,857	0,64338	135. 11	185. 27	46. 33	82,533	1849,76	Idem.
6. a p. di Ofiuco . .	4,328	0.43007	147. 12	125. 22	46. 25	73,862	1806,88	Encké.
6. b. idem . .	4,392	0,46670	137. 2	145. 46	48. 5	80,340	1807,06	Herschel, giovane.
6. c. idem . .	4,192	0,44380	126. 55	142. 53	64. 51	92,870	1812,73	Mädler.
7. Σ 3062 . . .	1,255	0,44958	15. 3	137. 27	35. 31	94,765	1837,41	Idem.
8. ξ di Boote . .	12,560	0,59374	359. 59	100. 59	80. 5	117,140	1779,88	Herschel, giovane.
9. δ del Cigno . .	1,811	0,60667	24. 54	243. 24	46. 23	178,700	1862,87	Hind.
10. γ della Vergine	3,580	0,87952	5. 33	313. 45	23. 36	182,120	1836,43	Herschel, giovane.
11. a. Castore. . .	8,086	0,75820	58. 6	97. 29	70. 3	252·660	1855,83	Idem.
11. b. idem. . .	7,008	0,79725	23. 5	87. 37	70. 58	232,124	1913,90	Mädler.
11. c. idem. . .	6,300	0,24050	11. 24	356. 22	43. 14	632,270	1699,26	Hind.
12. a. σ della Corona B.	3,918	0,69978	25. 7	64· 38	29. 29	608,450	1826,60	Mädler.
12. b. idem . .	5,194	0,72560	21. 3	69. 24	25. 39	736,880	1826,48	Hind.
13. μ 2 di Boote .	3,218	0.84010	117. 21	103. 17	46. 57	649,720	1852,50	Idem.
14. α del Centauro.	15,500	0,95000	86. 7	291. 22	47. 56	77,000	1851,50	Jacob.

Gli elementi num. 1. 2, 3, 4 *c*, 5, 6 *c*, 7, 11 *b*, 12 *a*, sono tolti dal prospetto sinottico della storia delle stelle doppie di Mädler, nel vol. IX *delle Osservazioni* di Dorpat: 4 *a*, della *Connaissance des temps*, 1830: 4 *b*, 6 *b* e 11 *a*, dal vol. V *delle Trans. Astronom. della Soc., di Londra*: 6 *a*, *dalle Effemeridi* di Berlino, 1832: il num. 8 *dalle Trans. Astron. della Soc.* vol VI; i num. 9, 11 *c*, 12 *b* e 13 *dalle Notizie della Società Astronomica* vol. VII pag. 22, e vol. VIII pag. 159, ed il num. 10 dai *Risultati delle Osservazioni Astronomiche* ecc., *al Capo di Buona Speranza* di Sir Gio. Herschel, pag. 297. Il Σ prefisso al num. 7 denota il numero delle stelle nel Catalogo di Dorpat del Sig. Struve (*Catalogus Novus Stellarum Duplicium* ecc., Dorpat 1827) che contiene i luoghi di 1826 sopra 3112 di simili oggetti.

La *posizione del nodo* nella col. 4, esprime l'angolo della posizione della retta d'intersezione del piano dell'orbita col piano del cielo su cui la si vede projettata.

La *inclinazione* nella col. 6, esprime l'inclinazione che questi due piani hanno l'uno rispetto all'altro. La col. 5 indica l'angolo realmente compreso nel *piano dell' orbita*, fra la retta dei nodi (come fu definita) e la retta degli absidi. Gli elementi assegnati nella tavola ad ω del Leone, ξ di Boote, e Castore sono assai dubbii e lo stesso si può dire fors' anche di quelli attribuiti a μ 2 Boote, che resta sopra un arco di orbita troppo piccolo e troppo imperfamente osservato, per offrire una base sicura di calcolo.

LX.

Il primo sistema distinto di calcolo con cui vennero determinati gli effettivi elementi ellittici dell'orbita di una stella binaria, venne dato nel 1830 da Savary il quale mostrò che il moto d'una delle più rimarchevoli fra queste stelle (ξ *dell'Orsa Maggiore*) indicava un orbita ellittica descritta in 58 anni ed $\frac{1}{4}$.

Il professore Encké, seguendo un altro processo, arrivò a conchiudere che la stella 60 di *Ofiuco* percorreva un ellisse con un periodo di 74 anni. Parecchie altre orbite furono determinate e calcolate da sir Gio. Herschel, dai sig. Mädler, Hind, Smyth, ed altri.

LXI.

La tavola precedente data da sir Gio. Herschel, contiene i principali risultati dell'osservazione raccolti in questa parte dell'Astronomia stellare fino al 1850.

LXII.

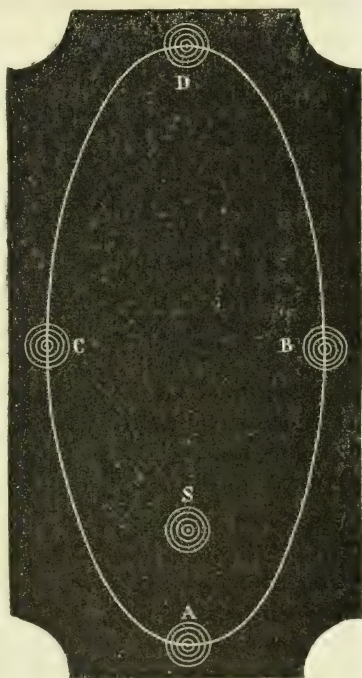
La più rimarchevole di queste, seconde sir Gio. Herschel è γ della Vergine: non solo per la lunghezza del suo periodo, ma benanco per la molta diminuzione della grandezza apparente ed il rapido crescere della velocità angolare con cui i membri che lo compongono girano

l'uno intorno all'altro. È una stella brillante di quarta grandezza e le sue stelle componenti sono pressochè esattamente eguali. È fino dal principio del secolo decimo ottavo che si sa che consiste di due stelle distanti fra di loro da sei a sette secondi, cosicchè qualunque telescopio di mediocre bontà bastava per separarle.

Da quell'epoca in poi andarono sempre più avvicinandosi ed al presente sono separate di pochissimo più di un secondo; per cui con un telescopio, che non sia di qualità affatto superiore, non si ponno vedere che come una singola stella alquanto allungata in una direzione. Fortunatamente Bradley nel 1718, osservò ed annotò in margine ad uno dei suoi libri delle osservazioni che la direzione apparente della retta passante per le due stelle era parallela alla congiungente le due rimarchevoli stelle α e δ della stessa costellazione, vedute ad occhio nudo. Si trovano registrate come stelle distinte nel Catalogo di Mayer: ciò che porge un altro mezzo di scoprire la loro situazione rispettiva all'epoca delle sue osservazioni che vennero fatte circa l'anno 1756. Senza esporre in dettaglio le misure individuali, che si trovano nei rispettivi catologhi basta qui l'osservare che la loro serie è rappresentata da un ellisse.

Fig. 7.

LXIII.

Per comprendere gli effetti curiosi che devono verificarsi nel caso che un sole minore in un coi suoi pianeti giri attorno ad un sole più grande, si imagini che il più grande coi suoi pianeti sia in S, fig. 7, nel fuoco della ellisse lungo cui si muove il minore accompagnato *dai suoi* pianeti. In A questo secondo sole è al perielio o nella posizione più vicina al sole maggiore S. Giunto, seguendo il suo corso periodico, in B, si trova quivi alla distanza media dal sole S. In D è all'afelio o nel punto più distante e ritorna quindi per C al suo perielio A. Il sole S, in causa della sua immensa distanza dal sistema A, deve apparire agli

abitanti dei pianeti di questo sistema, molto più piccolo del loro sole; ma, d'altra parte quest'effetto della distanza deve essere fino ad un certo segno compensato dalla sua grandezza molto superiore: giacchè l'analogia giustifica la conclusione che il sole S sia più grande del sole A nella proporzione che vi è fra il nostro sole ed uno dei pianeti. Gli abitanti dei pianeti del sistema A godranno quindi lo spettacolo di *due soli* sul loro firmamento. Il moto annuo di uno di questi soli sarà determinato dal moto di quel pianeta nella sua orbita, ma quello dell'altro sole più distante sarà determinato dal periodo del sole minore intorno al grande nell'orbita ABCD. La rotazione di quei pianeti sui proprii assi produrrà due giorni di eguale lunghezza ma che non comincieranno nè finiranno assieme. In generale avranno luogo *due aurore* e *due tramonti*! Quando il pianeta si troverà nella parte dell' orbita compresa fra i due soli, non vi sarà notte. I due soli si troveranno allora posti, rispetto ed esso, come sono posti rispetto a noi il nostro sole e la luna nel tempo di luna piena. Quando un sole tramonterà, l'altro sorgerà; e quando tornerà a sorgere il primo tramonterà il secondo. Vi dovrà essere quindi giorno perpetuo. Quando invece il pianeta si troverà in quella parte dell' orbita rispetto a cui entrambi i soli, veduti dal medesimo, giaceranno quasi nella stessa direzione, i due soli allora sorgeranno e tramonteranno contemporaneamente. Vi succederà quindi l'ordinaria vicenda di giorno e di notte come sulla terra, ma il giorno avrà uno splendore straordinario essendo rischiarato da due soli.

Nelle stagioni intermedie i due soli sorgeranno e tramonteranno in differenti istanti. Durante una parte del giorno si vedranno entrambi contemporaneamente in cielo in luoghi differenti, e giungeranno al meridiano in differenti istanti. Vi saranno cosi *due mezzogiorni*. La mattina, per un tempo più o meno lungo, secondo la stagione dell'anno, non sarà visibile che uno dei due soli, e similmente la sera, il sole sorto per il primo, tramonterà per il primo lasciando padrone del cielo il suo splendido compagno.

I fenomeni diurni ed annui che avranno luogo nei pianeti che seguono il sole centrale S non saranno in sostanza differenti dagli esposti, soltanto che in questi i due soli appariranno di grandezze immensamente diverse, e vi daranno gradi di luce proporzionatamente differenti. Il sole minore sembrerà molto più piccolo tanto a ragione della sua grandezza realmente minore, quanto per la sua distanza assai maggiore. Perciò i due giorni, quando vi occorreranno saranno assai differenti di chiarezza, risultandovi probabilmente l'uno più brillante dell'altro di quello che lo sia per noi la luce di mezzodì rispetto al chiaro di luna piena od al crepuscolo mattutino o vespertino.

Queste singolari vicende di luce diverrebbero poi ancora molto più sorprendenti se i due soli diffondessero luci diversamente colorate. Esaminiamo il caso comunissimo che siano combinati un sole *chermisino* con un sole *azzurro*. In generale essi sorgeranno a differenti istanti. Quando sorgerà pel primo il sole azzurro, per qualche tempo dominerà solo nel cielo, spandendo una luce mattutina azzurra. Ma comparendo ben tosto il suo compagno chermisino, le due luci si mescoleranno, producendo luce bianca. Sul far della sera, discendendo i due globi all'orizzonte occidentale, tramonterà per il primo il sole azzurro lasciando solo il chermisino nel cielo. Così una sera rosseggiante chiuderà questa curiosa successione di luce variata. Nel corso dell'anno questi cambiamenti varieranno in tutte le maniere imaginabili. In quelle stagioni in cui i soli sono da parti opposte del pianeta, le luci chermisina ed azzurra si succederanno alternativamente senza intermezzo di notte: e nelle epoche intermedie si offriranno tutti i diversi intervalli fra le aurore ed i tramonti dei due soli.

Movimento proprio delle stelle.

Comunemente parlando, si dice che le stelle sono *fisse*. Quest' epiteto fu dato loro per distinguerle dai pianeti, dal sole e dalla luna, le cui posizioni apparenti sulla superficie del cielo, sono soggette a continua variazione. Le stelle invece, per quanto può scoprire l' occhio non sussidiato dall' arte, non cambiano mai la loro posizione relativa nel fiamamento, il quale sembra trasportato in giro intorno a noi dal moto diurno della sfera come se le stelle vi fossero attaccate e non partecipassero che al suo moto apparente.

Ma le stelle, quantunque non soggette a moto percettibile ad occhio nudo, non sono assolutamente fisse. Osservando esattamente la posizione d' una stella nel cielo, mediante buoni strumenti astronomici, si trova che essa varia di mese in mese e d' anno in anno, di pochissimo è vero, ma però in grado facile ad osservarsi e che si determina con tutta certezza.

LXIV.

Laplace ha dimostrato che in un sistema di corpi, sparsi nello spazio, come quelli del sistema solare, e non soggetti ad altra forza continua se non alle reciproche attrazioni dei corpi che lo compon-

gono, il comune centro di gravità deve essere od immobile o dotato d'un moto rettilineo ed uniforme.

Le probabilità contro le condizioni per cui il sole sarebbe immobile, a petto di quelle per cui deve essere animato da un movimento in una *certa* direzione e con una *certa* velocità, sono così numerose che si può giudicare come moralmente certo che il nostro sistema si muova in qualche direzione determinata nell' universo. Ora, supposto che il sole, seguìto dai pianeti, si muova appunto traverso gli spazii in una qualche direzione, un'osservatore, che si trovi sulla terra, dovrà scorgere gli effetti di questo moto in quella stessa guisa in cui uno spettatore, che percorra un fiume su di un piroscafo, si accorge del suo movimento progressivo per il moto apparente delle rive in direzione contraria. Così l'osservatore che si trova sulla terra dovrà scoprire il moto del sistema solare negli spazii mediante il moto apparente in direzione contraria da cui saranno affette le stelle.

LXV.

Il moto del sistema solare deve avere una diversa influenza sulle differenti stelle. È vero che tutte dovranno sembrare affette da un movimento contrario, ma non lo saranno tutte allo stesso grado. Le più vicine dovranno mostrare un movimento più manifesto, le più lontane ne parranno affette in grado minore, ed alcune, per la loro immensa distanza, potranno esserne affette così leggermente da non potersi riconoscere in loro nessun cambiamento apparente di posizione, anche esaminandole cogli strumenti più delicati. Qualunque sia peraltro, la misura in cui ne sarà affetta ciascuna stella, tutti i cambiamenti di posizione dovranno avvenire nella medesima direzione.

Gli effetti apparenti del moto del sistema si possono presentare anche in altra maniera. Le stelle in quella regione del firmamento verso cui è diretto il moto del sistema, deve sembrare che si allontanino l'una dall'altre. Gli spazii che le separano deve sembrare che crescano gradatamente, mentre invece le stelle della regione opposta sembreranno aggrupparsi più strettamente fra loro, diminuendo gradatamente le distanze da una stella all'altra. Ciò si intenderà facilmente coll'ajuto della figura 8.

La retta SS' rappresenti la direzione in cui si muove il sistema ed S, S' ne esprimono le posizioni a due epoche differenti. In S, le stelle A, B, C sono separate dagli intervalli misurati dagli angoli ASB, BSC, mentre in S', sembreranno separate dagli angoli più piccoli

A S′ B, B S′ C. Vedute da S′, le stelle A, B, C parranno quindi più vicine fra loro di quando si vedevano da S. Per eguale ragione, le stelle *a*, *b*, *c*, verso cui si suppone avanzarsi il sistema, dovranno sembrare più vicine fra loro, vedute da S che non vedute da S′. Così si potrà aspettarsi che le stelle abbiano a diradarsi gradatamente nella parte di cielo verso cui progredisce il sistema, diven-

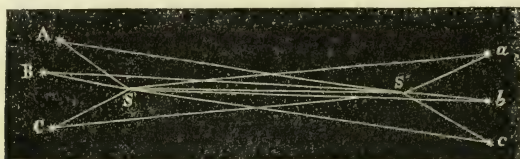



Fig. 8.

tando invece più addensate nella parte opposta. In tutte le parti intermedie del cielo, le stelle devono essere dotate di un movimento contrario a quello del sistema solare. Tali sarebbero, in generale, gli effetti d'un moto di traslazione del nostro sistema.

LXVI.

Sebbene non si sia verificato in grado cospicuo nessun effetto generale di questa specie nelle stelle fisse, pure si trovò che molte di loro, dopo lunghi periodi di tempo, hanno mutato di posizione in grado sensibilissimo. Così, per esempio, le tre stelle Sirio, Arturo ed Aldebaran, dal tempo di Ipparco (130 anni avanti Cristo) a noi, hanno subìto un cambiamento di posizione verso il sud, che arriva a molto più di mezzo grado. La stella doppia 61 del Cigno si è spostata, in mezzo secolo, di quasi 4,3′ movendosi le due stelle che la compongono lungo linee parallele colla stessa velocità. Le stelle ε di Indo e μ di Cassiopea si traslocano in ragione di 7,74″ e di 3,74″ all'anno.

Si fecero varii tentativi di accordare questi ed altri simili cambiamenti di posizione apparente delle stelle fisse con qualche possibile moto del sole. Sir Guglielmo Herschel, nel 1783, ragionando sui movimenti proprii osservati, giunse a conchiudere che si potevano spiegare quelle apparenze ammettendo che il sole si trasportasse verso un punto presso alla stella λ di Ercole. Quasi contemporaneamente, Prevost giungeva ad una simile conclusione, assegnando

però la direzione del supposto movimento verso un punto discosto di 27° da quello indicato da Sir Guglielmo Herschel.

Da quell'epoca in avanti, i movimenti proprii delle stelle vennero osservati più estesamente ed accuratamente, e vennero calcolati da varii astronomi i movimenti del sole che essi indicavano. I seguenti punti vennero designati come direzione del moto solare, nel 1790: —

A. R.		D. P. N.		
260° 34′	. . .	63° 43′	. . .	Sir Guglielmo Herschel.
256° 25′	. . .	51° 23′	. . .	Argelander.
255° 10′	. . .	51° 26′	. . .	»
261° 11′	. . .	59° 2′	. . .	»
252° 53′	. . .	75° 34′	. . .	Luhndahl
261° 22′	. . .	62° 24′	. . .	Ottone Struve.

Il primo dei valori dati da Argelander venne desunto dai movimenti proprii di 21 stelle, ciascuna delle quali si spostava annualmente di più che di 1°; il secondo da 50 stelle, i cui dislocamenti annui erano fra 1″ e 0″; 5″ ed il terzo da quelli di 319 stelle i cui spostamenti erano compresi da 0″,5 a 0″,1. Il valore assegnato da Luhndahl è basato sui moti di 147 stelle, e quello del sig. Struve su 392 stelle.

La media di tutti questi valori, è un punto che ha per ascensione retta 259° 9′, e per distanza polare a nord 55°23′, e che si trova pochissimo differente da quello assegnato in origine da Sir Guglielmo Herschel.

Siccome tutti i calcoli precedenti si fondavano sopra osservazioni di stelle eseguite nell'emisfero boreale, era naturalmente da desiderarsi che si istituissero calcoli analoghi sui movimenti proprii osservati dalle stelle australi. Il Sig. Galloway intraprese ed eseguì questi calcoli e trovò che le stelle meridionali indicavano diretto il movimento del sole, nel 1790, verso un punto avente per ascensione retta 260° 1′, e per distanza polare nordica 55° 37′.

Non può quindi restare alcun dubbio che il movimenio proprio delle stelle non sia prodotto da un movimento reale del sistema solare e che questo movimento nel 1790 era diretto verso un punto dello spazio, il quale, veduto dalla posizione allora occupata dal sistema, aveva l'ascensione retta di circa 260° e la distanza polare settentrionale di circa 55°.

LXVII.

Risulta da questi calcoli che, per lo spostamento medio delle stelle, il moto annuo apparente del sole, se la sua direzione fosse perpendicolare al raggio visuale condotto ad una stella di prima grandezza e di media distanza, sarebbe di 0",3392; cui per ritenendo che la parallasse media di questa stella fosse di 0",209, ed esprimendo con D il semiasse dell' orbita terrestre, lo spostamento annuo del sole sarebbe di:

$$\frac{3392}{2090} \times D = 1{,}623\ D.$$

Da ciò consegue che lo spazio annualmente percorso dal sole, sarebbe di 1.623 × 95,000000 = 154,200000 miglia; e lo spazio descritto giornalmente:

$$\frac{154{,}200000}{365^1/_4} = 422000 \text{ miglia ;}$$

velocità di poco maggiore del quarto di quella del moto della terra nella sua orbita.

LXVIII.

Il moto del sole, computato nel modo anzidetto, è quello che aveva ad un epoca particolare. Non si è tenuto conto di possibili o probabili cambiamenti della sua direzione. L'ipotesi che il sistema solare abbia a muoversi sempre in una stessa e medesima direzione, equivale alla supposizione che nessun corpo o nessun gruppo di corpi nell' universo eserciti attrazione sul medesimo. È naturalmente più conforme alla probabilità ed all'analogia che il moto del sistema sia *orbitale*, vale a dire, che giri intorno a qualche rimoto centro d'attrazione e che la sua direzione varii continuamente, sebbene questo cambiamento di direzione attese l'enorme grandezza dell'orbita e la relativa lentezza del suo moto, sia così lento da riuscire impercettibile anche nei limiti delle più lontane epoche a cui risalgano le memorie astronomiche.

Si tentò, nondimeno, di determinare il centro del sistema solare; ed il Dottor Mädler esternò il sospetto che si trovi in un punto nella piccola costellazione delle Plejadi, o presso di essa.

Però queste ed altrettali speculazioni, per ora, non si possono riguardare che come semplici congetture.

Forma e dimensioni della massa di stelle che compongono il firmamento visibile.

LXIX.

L'aspetto del firmamento può, sulle prime, imprimere in mente all'osservatore l'idea, che le numerose stelle, disseminate su di esso, vi siano disposte senza legge senza regola e che la loro distribuzione somigli alla posizione fortuita, che si può imaginare che prendano degli oggetti gettati casualmente sopra una superficie. Esaminando però e confrontando con maggior diligenza le differenti regioni del cielo, si correggerà quella prima impressione e si scoprirà invece, che la distribuzione delle stelle sulla superficie della sfera celeste segue una legge manifesta e ben definita; che la loro densità, cioè il numero di quelle raccolte su di un dato spazio di cielo, varia regolarmente, crescendo continuamente in certe direzioni e decrescendo in altre.

Sir Guglielmo Herschel sottopose ad un rigoroso esame telescopico il cielo, od almeno quella parte che ne riesce osservabile nelle nostre latitudini, contando il numero delle singole stelle che si scorgono nel campo di visione di un telescopio di data apertura, distanza focale ed ingrandimento dato, quando lo si dirige alle differenti parti del firmamento. I risultati di questo esame provarono che le stelle sono più diradate che in nessun altro luogo, intorno a due punti della sfera celeste, diametralmente opposti l'uno all'altro; che allontanandosi da questi punti in qualunque direzione, il numero delle stelle comprese nel campo di visione di uno stesso telescopio cresce lentamente sulle prime, ma più rapidamente a distanze maggiori; che questo incremento continua finchè il telescopio arriva ad una direzione perpendicolare al diametro, che unisce i due punti opposti, dove la distribuzione è più rada; e che in questa direzione le stelle sono affollate in tale contiguità tra loro, che, in alcuni casi, non si riesce a contarle.

LXX.

I due punti opposti della sfera celeste, intorno a cui le stelle si trovano più rare, furono denominati i *Poli Galattici*; ed il cerchio massimo perpendicolare al diametro, che unisce questi punti, fu chiamato *Circolo Galattico*.

La sua circonferenza interseca l'equatore celeste in due punti, situati 10° ad est dei punti equinoziali, ed esso è inclinato all'equatore di un angolo di 63° e perciò all'ecclittica d'un angolo di 40°.

Per spiegare la distribuzione delle stelle sulla sfera celeste, converrà riferirle a questo circolo ed ai suoi poli, appunto come, per altre viste, si sono riferite all'equatore ed ai suoi poli. Esprimeremo quindi la distanza dei differenti punti del firmamento dal circolo galattico, in un emisfero o nell'altro col nome di *Latitudine Galattica* boreale od australe.

LXXI.

La serie elaborata di osservazioni stellari eseguite nell'emisfero sententrionale durante gran parte della sua vita da sir Guglielmo Herschel, ed estesa e continuata dappoi nell'emisfero meridionale da sir Giovanni Herschel, somministrò i dati da cui si è potuto conoscere, almeno con grande approssimazione, la legge di distribuzione delle stelle secondo la loro latitudine galattica.

La grande rivista celeste eseguita da questi osservatori eminenti, fu condotta secondo il principio su esposto. Il telescopio, adoperato a quest'uso, aveva 18 pollici di apertura, 20 piedi di lunghezza focale, ed un ingrandimento di 180 volte. Lo si diresse indistintamente a ciascun punto della sfera celeste visibile nelle latitudini dei luoghi dell'osservazione.

Fu col mezzo di un gran numero di osservazioni distinte, così fatte, che si assegnò la posizione dei poli galattici. La densità delle stelle misurata dal numero di quelle che erano comprese in ogni *campo* (indicando così la superficie del campo di visione) era quasi invariabile alla stessa latitudine galattica, e cresceva, allontanandosi dai poli galattici, assai lentamente in principio ma con grande rapidità quando era di molto diminuita la latitudine galattica.

LXXII.

Il professore Struve analizzò le osservazioni di sir Guglielmo Herschel, nell'emisfero boreale, nell'intento di determinare la densità media delle stelle nelle successive zone di latitudine galattica: ed una simile analisi fu applicata anche alle osservazioni di sir Giovanni Herschel, nell'emisfero australe.

Imaginando distinta la sfera celeste in una serie di zone, di cui ciascuna misuri 15° di larghezza, e sia limitata dai paralleli al circolo

galattico, il numero medio delle stelle racchiuse in un cerchio del diametro di 15′, e quindi di grandezza eguale a circa la quarta parte del disco del sole o della luna, è quello indicata nella seconda colonna della tavola seguente.

Latitudine Gallattica		Numero medio di stelle in un cerchio del diametro di 15′
Nord.	90° — 75°	4.32
»	75° — 60°	5.42
»	60° — 45°	8.21
»	45° — 30°	13.61
»	30° — 15°	24.09
»	15° — 0°	53.43
Sud.	0° — 15°	52.06
»	15° — 30°	26.29
»	30° — 45°	13.49
»	45° — 60°	9.08
»	60° — 75°	6.62
»	75° — 90°	6.05.

Di qui si vede che la variazione di densità delle stelle visibili, allontanandosi dal piano galattico tanto verso nord, che verso sud, soggiace quasi esattamente ad una stessa legge di decremento, risultando però la densità alquanto maggiore per una stessa latitudine nell'emisfero meridionale che nel settentrionale.

LXXIII.

Le regioni del cielo, che si stendono ad una certa distanza da ciascuna parte del piano galattico, sono generalmente coperte di piccole stelle così addensate, che all'occhio nudo offrono l'apparenza, non di stelle affollate insieme, ma d'una luce vaporosa bianchiccia. Quest'apparenza si stende sopra un ampio tratto della sfera celeste, deviando in alcuni luoghi dall'esatta direzione della circonferenza galattica, biforcandosi in un certo punto e dividendosi in due rami che poi si riuniscono, ed emettendo in altri punti delle diramazioni. Tale apparenza fu dagli antichi denominata *via lattea* o *galassia* e conserva ancora questo nome.

Si può seguire con molta facilità e chiarezza il corso della via lattea con una mappa di stelle o con un globo celeste, che qui non occorre descrivere, su cui sia delineata.

LXXIV.

Esaminando questa candida nebulosa con un telescopio di forza conveniente, si scopre che non è altro che un ammasso di innumerevoli stelle, tanto piccole da non poterle distinguere separatamente; e così affollate da dare al luogo, che occupano, l'aspetto bianchiccio da cui trasse il nome di via lattea.

Si può formarsi qualche idea del numero enorme di stelle ammucchiate insieme in quelle parti del cielo, dal numero in cui, al dire di sir Guglielmo Herschel, vennero vedute sopra spazii di data grandezza quelle abbastanza discernibili per peter essere numerate e misurate. Egli asserisce, per esempio, che in quelle parti della via lattea dove le stelle sono più diradate, vedeva talvolta da ottanta stelle nel campo. In un'ora passavano davanti al suo telescopio quindici gradi del firmamento, presentandogli successivamente sessanta campi distinti. Assegnando ottanta stelle a ciascun campo, gli si sarebbero presentate in un'ora, senza muovere il telescopio, quattromila ed ottocento stelle distinte! Ma, movendo contemporaneamente lo strumento nella direzione verticale, trovò che in uno spazio di firmamento non più lungo di quindici gradi e largo quattro, si vedevano cinquantamila stelle, abbastanza grandi per scorgerle individualmente e contarle distintamente! Si potrà apprezzare più adequatamente quanto sorprendente sia questo risultato, ricordandosi che il numero delle stelle così vedute in una parte del cielo di una lunghezza non maggiore di trenta diametri del disco lunare, e larga otto di questi diametri, è cinquanta volte più grande del numero di quelle prese assieme, che l'occhio nudo può scorgere in cielo in qualunque epoca e nella notte più serena e affatto sgombra di nubi!

Volgendo il telescopio alla parte più ricca della *via lattea*, Herschel vi trovò, come era da aspettarsi, un numero di stelle assai maggiore. In un solo campo ne potè contare 588; nè vi rimarcò alcuna diminuzione di numero nel periodo di quindici minuti, mentre il firmamento, per il moto diurno, trascorreva dinanzi al telescopio; il numero di stelle vedute ad ogni istante era sempre maggiore del numero di quelle che si vedono ad occhio nudo in tutto il firmamento, tranne che nelle notti più chiare.

LXXV.

Si può ritenere come stabilito da un complesso di argomenti di analogia, avente tutta la forza d'una dimostrazione, che le stelle fisse

siano corpi luminosi, simili al nostro sole; e che, quantunque possano differire più o meno dal sole e l'una dall'altra nella grandezza e nello splendore intrinseco, hanno però una certa grandezza media; e che, per la massima parte, le apparenti differenze di splendore siano da ascriversi a differenze di distanza. Ammettendo quindi che siano separate l' una dall' altra da distanze analoghe a quella che hanno dal sole, che esso pure è una stella, i fenomeni generali anzi descritti, del rapido crescere della densità stellare in prossimità del piano galattico, combinati colla forma osservata della via lattea, la quale, seguendo nel suo corso generale il piano galattico, se ne diparte tuttavia in alcuni punti, si biforca separandosi in due rami divergenti in altri punti, ed in altri emette delle appendici irregolari, condussero sir Guglielmo Herschel a conchiudere che le stelle del nostro firmamento, comprendendovi tutte quelle rese visibili dal telescopio oltre a quelle che appajono ad occhio nudo, invece di essere sparse indifferentemente in tutte le direzioni intorno al sistema solare, traverso le profondità dell'universo, formino uno strato di forma e di dimensioni definite, la cui grossezza sia assai piccola in paragone della lunghezza e della larghezza e che il sole ed il sistema solare siano posti in questo strato assai presso al punto dove si biforca, relativamente alla larghezza circa nel punto medio, e relativamente allo spessore (come risulterebbe da osservazioni più recenti) più da vicino alla superficie settentrionale che alla meridionale.

Rappresenti ABCD, fig. 9, un abbozzo della sezione fatta a questo strato da un piano che passi per il centro o presso ad esso. Rap-

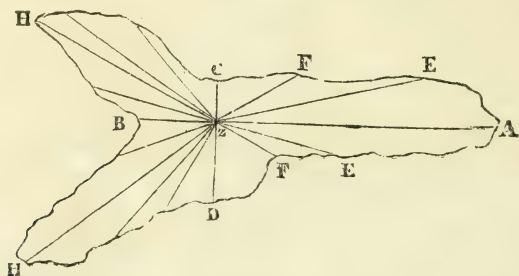



Fig. 9.

presenti AB l'intersezione di questo piano con quello del cerchio galattico, cosicchè, essendo *z* il luogo del sistema solare, *z*C sarà la direzione del polo galattico nord e *z*D quella del polo sud. Esprimano *z*H i due rami in cui si biforca lo strato principale in B. Ora, se si concepiscono condotte da *z* delle visuali in tutte le direzioni,

è manifesto che le visuali zC e zD, dirette ai poli galattici, traverseranno uno strato di stelle più sottile di qualunque altro; e poichè si ritiene che z sia più vicino al lato boreale dello strato che non all'australe, zC trapasserà uno strato di stelle meno grosso di zD. La lunghezza delle visuali decresce rapidamente quanto maggiore è l'angolo di cui sono inclinate con zA, come risulta evidentemente paragonando fra loro zA, zE e zF, e ciò rende ragione del fatto che mentre le stelle spesseggiano come grani d'arena nella direzione zA, sono meno folte nella direzione zE e meno ancora nella direzione zF, finchè ai poli, nelle direzioni zC e zD, hanno la minima densità.

Dall'altra parte, essendo zB minore di zA, vi si trova una parte di cerchio galattico, dove le stelle sono più rare; ma nelle due direzioni zH, intermedie fra zB ed i poli galattici, ritornano addensate quasi altrettanto che nella direzione zA.

Questa spiegazione però si deve ricevere in un senso assai generale. Non vi è cercato di rappresentare le varie appendici nè le variazioni di lunghezza, larghezza e profondità dello strato, misurate a partire dalla posizione del sistema solare entro il medesimo, quali sono state indicate dallo *scandaglio* telescopico di sir Guglielmo Herschel e del suo illustre figlio, i risultati dei mirabili lavori dei quali promettono di diventare col tempo, mercè le perseveranti ricerche dei loro successori, un'analisi perfetta di questo meraviglioso ammasso di sistemi. Frattanto si può ritenere per dimostrato che si compone di miriadi di stelle aggruppate assieme:

> « Un'ampia e larga via, la cui polvere è d'oro,
> E il pavimento sono stelle, quali appajono a noi;
> Vedi nella galassia quella Lattea Via
> Simile ad una fascia circolare spolverata di stelle. »
>
> MILTON.

L'aspetto che offrirebbe questa massa di stelle, guardandola da una posizione direttamente superiore al suo piano generale e ad una distanza sufficiente per poterne discernere tutto il contorno, secondo sir Guglielmo Herschel sarebbe simile allo strato di stelle abbozzato nella fig. 10.

Egli riteneva probabile che lo *spessore* di questo *strato di stelle* fosse di circa ottanta volte la distanza della stella fissa più vicina al nostro sistema; per cui, supponendo che il nostro sole sia circa al mezzo di questo spessore, ne conseguirebbe che le stelle della sua superficie, che sono in direzione perpendicolare al suo piano generale, dovrebbero trovarsi a distanze del quarantesimo ordine da noi. Egli stimò che

le stelle poste ai più remoti limiti di *lunghezza* e *larghezza*, si trovino in certi luoghi a distanze del novecentesimo ordine da noi, cosicchè si potrebbe dire che la sua lunghezza estrema, sarebbe in nu-

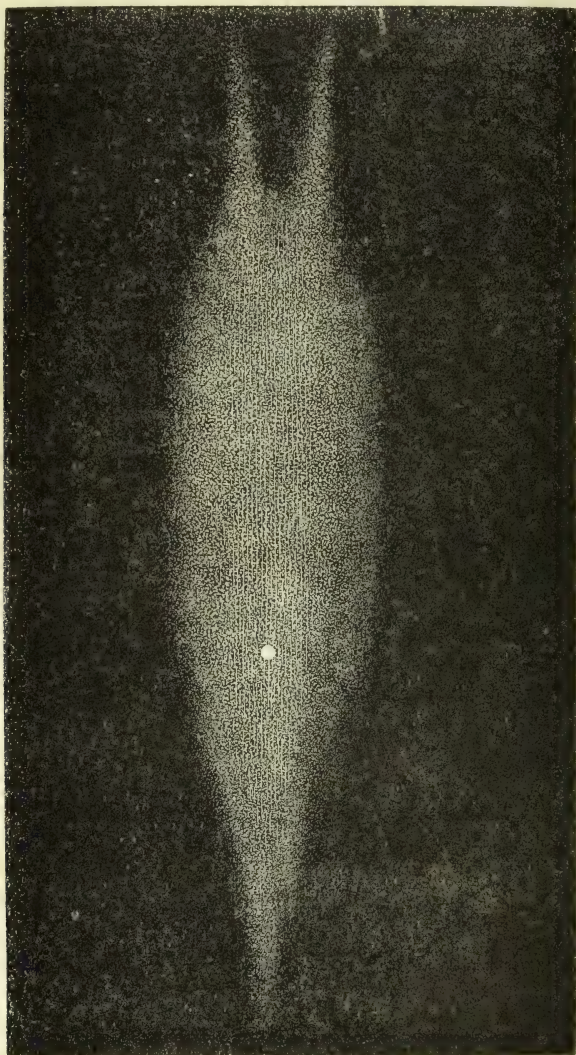



Fig. 10.

meri tondi, eguale a 2000 volte la distanza della stella fissa più prossima al nostro sistema. La luce impiegherebbe 20,000 anni a percorrere questo spazio, propagandosi sempre colla velocità di circa 200,000 miglia fra due battute successive d'un orologio comune!

Fig. 35, 36. — *Nebulose spirali, vedute nel gran telescopio di Rosse.*

Capitolo quinto.

Ammassi di stelle e nebulose. — LXXVI. Le stelle del firmamento formano un gruppo stellare. — LXXVII. Questi gruppi sono innumerevoli. — LXXVIII. Come sono distribuite nel firmamento. — LXXIX. Loro costituzione. — LXXX. Loro forme apparenti e reali. — LXXXI. Nebulose. — LXXXII. Nebulose doppie. — LXXXIII. — Nebulose planetarie. — LXXXIV. Nebulose annulari. — LXXXV. Nebulose spirali.

Ammassi stellari e nebulose.

LXXVI.

Si vede dunque che il nostro sole non è che una stella particolare, cioè uno degli individui di un gruppo od ammasso di molti milioni d'altre stelle simili; che questo ammasso ha dimensioni limitate, ha lunghezza, larghezza e profondità determinabili; e che in breve costituisce ciò che si può chiamare un *universo di sistemi*

solari. La mente non ancora soddisfatta, insiste come prima nelle sue domande *sul rimanente dell'immensità.* Per quanto siano vaste le dimensioni di questo ammasso di soli, sono non ostante finite. Per quanto sia stupendo lo spazio che racchiudono, è pur sempre *un nulla* a petto dell' immensità che lo circonda d' ogni intorno! Quest' immensità è dessa una vasta solitudine? Consiste di regioni buje e silenziose? L'Onnipotente ha egli circoscritta la propria azione, e la sua bontà infinita ha lasciato quelle non scandagliate regioni prive di segni della sua potenza?

Che uno spazio illimitato abbia ad esistere senza uno scopo, non occupato da nessuna delle opere della creazione, ciò è visibilmente incompatibile con tutte le nozioni sul carattere e sugli attributi dell'Autore dell'universo che ci derivano sia dalla voce della rivelazione, sia dal lume naturale. Anche se mancassero delle prove dirette, si dovrebbe quindi inferire che *alcune* opere della creazione sono sparse in quegli spazi che giacciono oltre i limiti di quel grande ammasso stellare a cui appartiene il nostro sistema. Saremmo cioè condotti, dalla più ovvia analogia, a congetturare che siano disseminati nell'immensità *altri gruppi stellari* simili al nostro, separati probabilmente da distanze tanto maggiori di quelle che corrono da una stella all'altra, di quanto quest' ultime sono più grandi di quelle che esistono fra i membri del sistema solare. Si potrebbe però opporre che ove esistessero questi gruppi distanti, dovrebbero esserci visibili: che sebbene ridotte forse a sempliei macchie sul firmamento, il telescopio ce le dovrebbe mostrare se non altro come pezze bianchiccie confuse: che, in quella maniera che le stelle della via lattea assumono ad occhio nudo l'aspetto di semplici nebulosità bianchiccie, così le stelle assai più lontane degli altri gruppi, che sfuggono affatto alla vista ad occhio nudo, in un telescopio di adequata potenza dovrebbero presentare lo stesso aspetto di nebulose bianchiccie; e che non è fuori di speranza che si possa aumentare la potenza del telescopio al punto di lasciarcele distinguere come veri gruppi stellari.

LXXVII.

Queste previsioni si sono appunto verificate. In varie parti del firmamento si scorgono degli oggetti che, ad occhio nudo, sembrano stelle vedute traverso la nebbia e talvolta punti nebulosi e si possono prendere, come è accaduto non rare volte, per comete. Coi telescopii ordinari questi oggetti si vedono in numero assai riguarde-

vole, e sono osservati da circa un secolo. Nella *Connaissance des Temps* del 1784, Messier, allora così celebre per le sue osservazioni sulle comete, pubblicò un catalogo di 103 oggetti di questa classe, unendovi i disegni di molti di essi, disegni che si dovrebbero rendere famigliari gli osservatori delle comete per evitare di essere tratti in inganno dalla grande somiglianza che hanno con loro. Il perfezionamento dei telescopi scoprì tosto agli astronomi la natura di questi oggetti, che, esaminati sotto un ingrandimento sufficiente, si trovarono essere ammassi di stelle aggruppate insieme in maniera identica all'ammasso di quelle in cui è posto il nostro sole. Essi non appajono che come semplici punti di luce bianchiccia, a motivo dell'enorme loro distanza.

LXXVIII.

Questi oggetti non sono sparsi casualmente ed indifferentemente in tutte le parti dei cieli. Mancano affatto in alcune regioni, si trovano di rado in altre, mentre in altre sono addensate con mirabile profusione. La loro distribuzione non è però determinata, come quella delle stelle in generale, da un circolo massimo della sfera e dai suoi poli. Si era supposto che mostrassero una tendenza ad aggrupparsi verso una zona perpendicolare al circolo galattico, ma un accurato confronto delle loro posizioni non confermò l'ipotesi. Secondo sir Guglielmo e sir Giovanni Herschel, le nebulose abbondano specialmente nelle seguenti parti della sfera celeste:

1. Il polo galattico nord.
2. Il leone maggiore.
3. Il leone minore.
4. L'orsa maggiore.
5. I cani da caccia.
6. La Chioma di Berenice.
7. Boote (anteriormente).
8. La Vergine (testa, ali e spalle).

Le parti del cielo invece dove si trovarono in minor numero, sono:

1. l'Ariete.
2. Il Toro.
3. Orione (capo e spalle).
4. Il Cocchiere.
5. Perseo.
6. La Giraffa.
7. Il Drago.
8. Ercole.
9. Il serpentario (parte settentrionale).
10. Il serpente (coda).
11. L'aquila (coda).
12. La Lira.

Nell'emisfero australe la loro distribuzione è più uniforme.

LXXIX.

Non può restare dubbio ragionevole sull' essenza di questi oggetti, e di quelli di cui ciascuno dei medesimi si compone. Rispetto ai gruppi stellari, le loro parti costituenti sono visibili. Come significa il loro nome, sono ammassi di stelle raccolte insieme in un certo punto nelle regioni dello spazio che si stendono oltre i limiti del nostro gruppo particolare di stelle, e la cui grandezza visuale è tanto impiccolita dalla distanza che un intero gruppo, quando pur riesca vi-

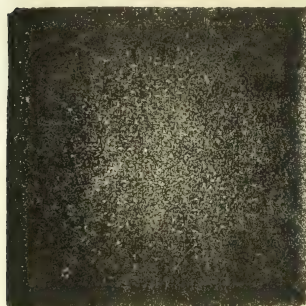



Fig. 11.

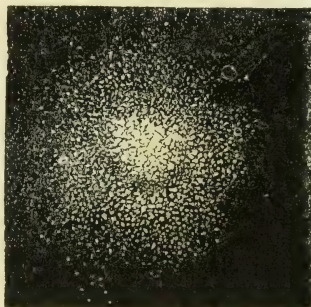



Fig. 12.

sibile, appare all' occhio nudo come una singola stella e guardandolo nel telescopio lo si trova compreso nei confini del campo di visione.

I differenti gruppi con uno stesso ingrandimento presentano più o meno distintamente le loro parti costituenti. Così, per esempio, la fig. 11 presenta l'apparenza d'un gruppo veduto con un potente telescopio, in cui le stelle appajono come grani di polvere d' argento.

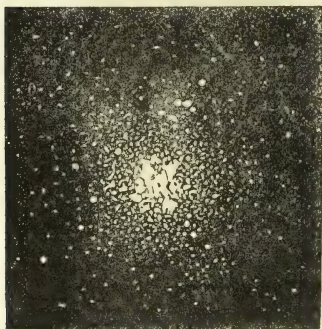



Fig. 13.

Nella fig. 12, invece, le stelle componenti sono più distinte, e nella 13 lo sono ancora di più.

Ciò si può spiegare sia colla differenza di distanza, sia col supporre che si compongano di stelle di differenti grandezze reali e fra loro più o men strettamente agglomerate. La prima ipotesi però, è di gran lunga più naturale e probabile.

L' aspetto delle stelle che compongono alcuni gruppi è veramente magnifico. Sir Gio. Herschel dice, che il gruppo che circonda $\varkappa$ della

Croce nell' emisfero australe, occupa la 48^{ma} parte d' un grado quadrato, o circa la decima parte dell' estensione superficiale del disco della luna, e si compone di circa 110 stelle della 7^{ma} grandezza all'ingiù, di cui otto fra le più brillanti sono colorate di varie tinte di rosso, verde e azzurro, dando così al complesso l'aspetto di un ricco lavoro di gemme.

Paragonando tra loro i varii gruppi vi si riscontrano tutte le gradazioni di piccolezza e di avvicinamento delle stelle componenti, finchè assumono l'apparenza di pezze di polvere stellare. Queste varietà si ascrivono, com' è naturalissimo, alle diversità delle distanze.

Seguono poi quelle macchie di luce stellare che si scorgono in tante regioni del cielo, e che presentando gradi differentissimi di

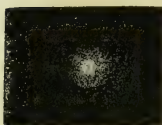



Fig. 14.

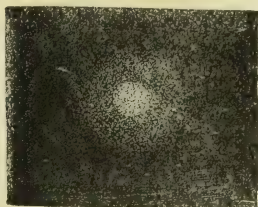



Fig. 15.

grandezza e splendore, sono pure state denominate nebulose. Le figure 14, 15 e 16 offrono le vedute telescopiche di tre di queste macchie.

Che queste siano parimenti gruppi stellari i cui componenti non si possono distinguere a motivo della loro lontananza, è confermato dalle prove più forti e dalle più manifeste analogie. Ad ogni aumento di potere, ad ogni perfezionamento, che riceve il telescopio, cresce il numero delle nebulose che questo strumento converte in ammassi stellari. Delle nebulose che non erano risolvibili prima del tempo di sir Guglielmo Herschel cedettero in gran numero alla potenza degli strumenti applicati a loro da quell'osservatore. I lavori di sir Gio. Herschel, i telescopii colossali costrutti da lord Rosse, l' erezione di osservatorii in climi svariati e sotto cieli più favorevoli alle osservazioni, cooperarono tutti ad aumentare il numero delle nebulose che furono risolte e si può credere che continuerà un simile progresso giacchè la risoluzione di questi oggetti in gruppi di stelle cammina di pari passo col perfezionamento del telescopio e col crescere del numero e della diligenza degli osservatori.

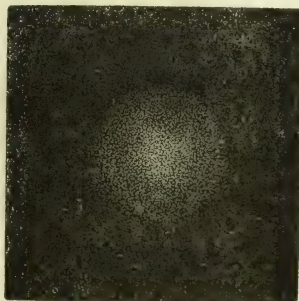



Fig. 16.

Per spiegare questi oggetti si propose una teoria basata sopra vedute che non sono in pieno accordo con quelle già esposte. Vi si ammetteva in via d'ipotesi che la materia nebulosa fosse una specie di fluido luminoso diffuso in differenti parti dell'universo; che per la sua aggregazione, secondo certe leggi d'attrazione, col processo di tempo si fossero prodotte delle masse solide e che queste nebulose crescendo dessero origine ai gruppi stellari.

Si uscirebbe dai limiti col presente Trattato e dello scopo a cui è diretto, volendo tener dietro a questa teoria nelle sue conseguenze ed esporre gli argomenti ad essa favorevoli e contrari: ed appare tanto meno necessario di farlo ove si osservi che non c'è alcun bisogno di siffatta ipotesi per spiegare delle apparenze che si spiegano in maniera tanto più ovvia e più semplice, ammettendo una gradazione di distanza.

LXXX.

Variano all'infinito le forme apparenti di questi oggetti e subiscono i cambiamenti più straordinarii e meno aspettati a seconda dell'ingrandimento sotto cui si osservano. Ciò per altro, non deve recare meraviglia. Il telescopio è un mezzo per cui si forma un'imagine ottica d'un oggetto lontano ben preciso, vivamente rischiarato e così dappresso all'osservatore da permettergli di esaminarla con microscopii di maggiore o di minor potenza secondo la perfezione del suo contorno e l'intensità con cui è illuminata. Ora chiunque abbia famigliare l'uso del microscopio sa che la forma apparente e la struttura d'un oggetto cambiano nella maniera più sorprendente ed inaspettata se lo si esamina con differenti poteri microscopici. Il sangue, per esempio, che veduto ad occhio nudo o con un debolissimo microscopio è un fluido rosso uniforme, guardato con microscopii più forti appare come un liquido pellucido in cui nuotano dei piccoli dischi rossi. Effetti analoghi si manifestano nel caso delle nebulose, quando si osservino sotto ingrandimenti differenti e progressivi del che addurremo adesso alcuni esempi sorprendenti.

Gli ammassi stellari sono ordinariamente macchie rotonde od irregolari. Le stelle che li compongono si fanno sempre molto più addensate andando dai margini del gruppo verso il suo centro, cosicchè al centro presentano come una vera fiamma luminosa.

La forma apparente è quella d'una sezione della forma reale fatta da un piano perpendicolare al raggio visuale. Se la massa possedesse un moto di rotazione o qualche altro moto per cui avesse a cam-

biarsi quel piano, in modo di presentare successivamente all'occhio le due differenti sezioni, se ne potrebbe arguire la forma reale, come si è fatto di quella dei pianeti. Ma non si possono ravvisare indizii di somiglianti movimenti in questi oggetti. Non se ne ponno quindi congetturare le forme reali che confrontandone le forme apparenti coll'apparente struttura.

Si argomenta che i gruppi, le cui forme apparenti sono rotonde e in cui la densità delle stelle cresce rapidamente andando verso il centro, siano ammassi globulari o sferoïdali di stelle e si spiega il crescere della densità apparente dall' orlo verso il mezzo, collo spessore più grande della massa nella direzione della visuale. Per simili ragioni si argomenta che i gruppi di contorno irregolare, in cui si osserva pure crescere la densità verso l' interno, siano masse di stelle le cui dimensioni nella direzione dei raggi visuali eguaglino le dimensioni nelle direzioni perpendicolari ai medesimi.

La fig. 17 rappresenta un gruppo osservato e disegnato da sir Gio. Herschel, è situato a circa 1° ½ a sud dell' equatore celeste, e

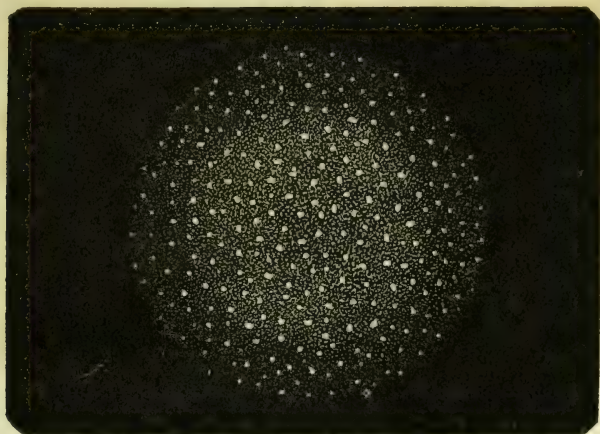



Fig. 17.

circa 38° ½ ad est del punto dell' equinozio autunnale. Occupa in cielo uno spazio, il cui diametro è la 300ma parte di quello della luna piena. Sir Gio. Herschel, che l'osservò con un telescopio a riflessione di nove pollici di apertura, lo descrive come un magnifico gruppo di stelle di quindicesima grandezza tanto addensate al centro da produrvi una vera vampa di luce. Lo paragonò ad una massa di fina polvere luminosa.

Nulla di più sorprendente della diversità delle apparenze presentate da uno stesso oggetto quando lo si esaminava coi telescopi di sir Gio. Herschel e coi più potenti costrutti dal conte di Rosse. La fig. 18 esprime lo stesso gruppo veduto in uno dei telescopi di Rosse.

Le stelle che, negli strumenti di sir Gio. Herschel, appajono affollate insieme al punto di produrre una vampa di luce, si vedono affatto separate nei telescopi di lord Rosse.

La fig. 19 rappresenta un oggetto disegnato da sir Gio. Herschel, che appare nel suo telescopio come una fine nebulosa ovale lunga

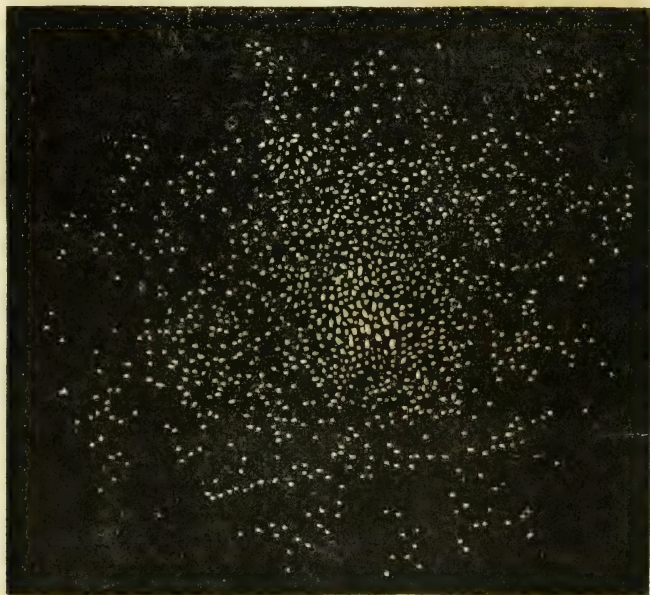



Fig. 18.

circa l'ottava parte e larga la decima parte del diametro della luna. La nebula è situata pochi gradi a nord della costellazione di Orione, tra questa ed Aldebaran.

Nella fig. 20 l' istesso oggetto è delineato quale lo si vede nel telescopio di lord Rosse. In questo caso il cambiamento d'aspetto che si produce è ancora più forte che nel primo. La forma ovale si perde, tramutandosi in quella che mostra la figura. L'oggetto è tempestato di innumerevoli stelle che si projettano sopra un fondo nebuloso. È chiarissimo che questo fondo nebuloso si risolverebbe in stelle esaminandolo con telescopi di maggior forza.

LXXXI.

Le nebulose, propriamente dette, presentano forme ancora più svariate dei gruppi stellari. Alcune sono circolari con contorno più o meno preciso. Alcune sono ellittiche e la loro periferia ovale pre-

Fig. 19

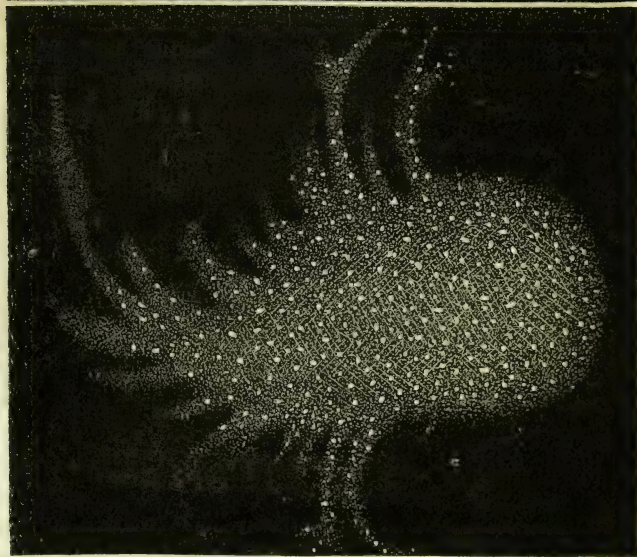
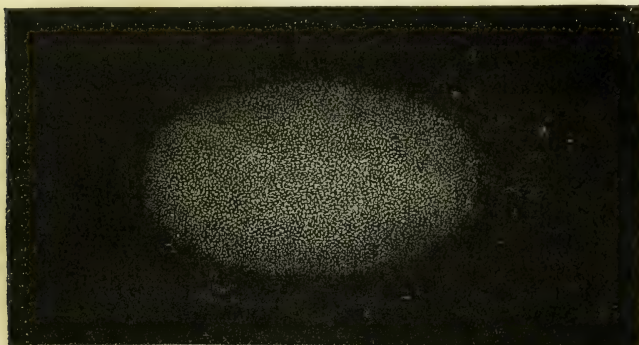



Fig. 20.

senta gradi di eccentricità che variano all' infinito, da una che differisca appena da una circonferenza di cerchio ad una di forma tanto schiacciata da non differire sensibilmente da una linea retta. Insom-

ma l'asse minore della ellisse presenta tutte le proporzioni possibili rispetto all'asse maggiore fino a ridursi ad una piccolissima frazione del medesimo.

Non si hanno dati sufficienti per arguire con qualche certezza le forme reali di questi oggetti dalle loro forme apparenti. Soltanto nei casi in cui lo splendore cresce rapidamente andando verso il centro, come accade generalmente, si può congetturare con probabilità che le loro forme siano globulari o sferoidali, per le ragioni già esposte nel caso dei gruppi stellari, e ciò si fa tanto più credibile quando si rifletta che queste nebulose in ultimo non sono che gruppi, ridotti ad una macchia luminosa dalla distanza.

Nondimeno le nebulose ponno essere strati di stelle il cui spessore sia piccolo a petto delle altre dimensioni: supposto che il loro contorno reale sia circolare, sembreranno ellittiche quando il piano dello strato sarà obliquo alla visuale e saranno più o meno eccentricamente ellittiche secondo che l'angolo di obliquità sarà più o meno acuto. Nei casi in cui lo splendore non aumenta in grado rimarchevole andando dal contorno verso il mezzo, questa forma è più probabile della globulare o sferoidale.

Le nebulose si potrebbero classificare convenientemente secondo la loro forma e struttura apparente; ma qualunque sia l'ordine adottato, questi oggetti offrono tanta varietà, assumono forme così capricciose ed irregolari, e subiscono cambiamenti d'aspetto così strani ed inaspettati crescendo il grado di forza del telescopio con cui si esaminano, che un gran numero di loro resterebbero inevitabilmente non classificati.

LXXXII.

Come le singole stelle, si trova che le nebulose sono appajate troppo di frequente per potersi ammettere l'ipotesi, che l'accoppiamento risulti fortuitamente da poca obliquità dei raggi visuali la quale produca una semplice giustaposizione ottica.

Le figure 21, 22, 23 e 24 rappresentano quattro nebulose doppie di questa specie.

Nella fig. 21 la visuale passa tra loro, senza toccare nè l'una nè l'altra e si vedono quindi completamente separate. In questo caso sono di eguale grandezza.

Anche quelle della fig. 22 sono di grandezza eguale ma la distanza dei loro centri essendo minore della somma dei loro diametri si coprono in parte l'una a l'altra.

Quelle delle figure 23 e 24 sono diseguali e in parte sovrapposte l'una all'altra.

Le nebulose doppie sono di solito di forma apparente circolare e perciò probabilmente di forma reale globulare. In alcuni casi sono gruppi separabili.

Non si può ammettere dubbio ragionevole che simili coppie di gruppi stellari non siano fisicamente collegate insieme ed è somma-

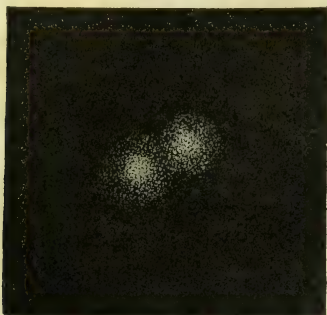
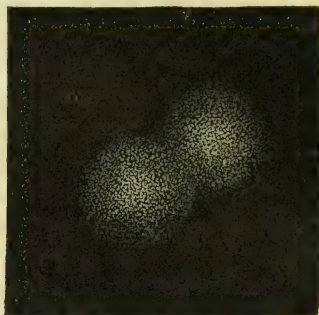



Fig. 21. Fig. 22.

mente probabile, che, come le stelle binarie, girino l'uno intorno l'altro od intorno ad un comune centro di attrazione, sebbene il moto

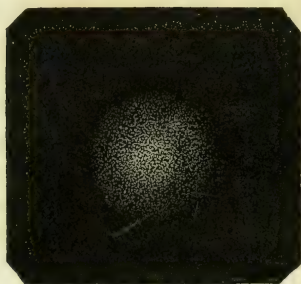
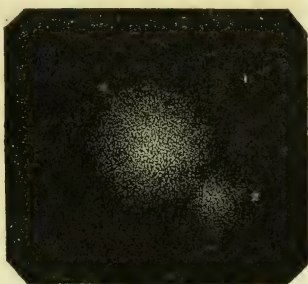



Fig. 23. Fig. 24.

apparente che consegue dalla loro rivoluzione sia reso tanto lento dall'immensa distanza da non poterlo verificare che dopo trascorsi dei secoli.

LXXXIII.

Nebulose planetarie. — Gli oggetti di questa specie traggono il nome dalla loro stretta somiglianza ai dischi dei pianeti. Sono per

lo più circolari o leggiermente ovali. In alcuni casi il disco è definito recisamente, in altri i suoi margini sono vaporosi e nebulosi. In alcune la superficie del disco è uniforme, in altri ha un' apparenza che sir Gio. Herschel descrisse, chiamandola *coagulata.*

Non v'è motivo da dubitare che la costituzione di questi oggetti non sia la stessa di quella delle altre nebulose, e che in fatti non siano gruppi di stelle ridotti per la reciproca vicinanza e per la grande distanza alla forma di dischi planetarii.

Le nebulose di questa classe che non sono numerose, presentano alcune particolarità rimarchevoli nell'aspetto e nel colore. Si è fatto osservare più indietro che, sebbene il compagno di un individuo rosso d'una stella doppia, sembri azzurro o verde, non è certo che questo sia il suo vero colore perchè l' effetto ottico del colore vivo della sua vicina può essere tale da far parere azzurra o verde una stella bianca, e non s'è mai dato esempio d'una singola stella che fosse azzurra o verde. Le nebulose planetarie però offrono esempi notevolissimi di questi colori. Sir Gio. Herschel ne addita un bel- l'esempio in una nebulosa planetaria situata nella costellazione australe della Croce. Il suo diametro apparente è di 12″, il disco è quasi circolare con un contorno ben definito ed è *di un bel colore azzurro che tende un poco al verde.* Parecchie altre nebulose planetarie sono d'un simile colore ma meno vivace.

Le grandezze di queste stupende masse di stelle si ponno congetturare dalla loro distanza probabile. Una delle più grandi, e quindi, può darsi, anche delle più vicine è situata presso la stella β del- l'Orsa Maggiore. Il suo diametro apparente è di 2′ 40″. Ora, se non fosse che alla distanza della stella 61 del Cigno, di cui è nota la parallasse, avrebbe un diametro eguale a sette volte quello dei limiti estremi del sistema solare; ma siccome è certo che la sua distanza è di gran lungo maggiore, si può concepire quanto enormi debbano esserne le dimensioni.

La fig. 25 esprime una piccola nebulosa di questa classe, disegnata da sir Gio. Herschel. È situata presso la stella δ nella costellazione di Ercole (A. R. 17^{o}. 45^{m}; D. P. N. 66^{0} 55′) e la si descrive dotata d'un disco percettibile del diametro di 1″ ad 1″ $^{1}/_{2}$ circondato da una tenue nebulosità.

La fig. 26 mostra un altro simile oggetto situato un po'a nord della costellazione della Lira (A. R. 19^{0} 49^{m} D. P. N. 39^{0} 54′). È un oggetto curiosissimo; consiste in una stella d'undecima grandezza circondata da una nebulosa planetaria di luce uniforme assai brillante e perfettamente rotonda. Il diametro secondo l'A. R. è di 3,5″, forse un po' vaporoso ai margini. (Herschel).

La fig. 27 ne rappresenta un altro della stessa classe, situato (A. R. 13° 29ᵐ D P. N. 107° 1′) nella costellazione della Vergine presso la brillante stella *Spica*. Il suo diametro totale è 2′, cioè la

Fig. 25.

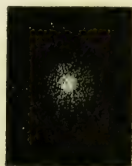



Fig. 26.

quindicesima parte di quello della luna, ed il diametro della parte centrale brillante è da 10″ a 15″. È descritta come una grande ne-

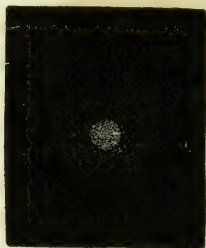



Fig. 27.

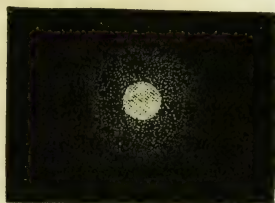



Fig. 28.

bulosa leggiera che sfuma quasi impercettibilmente: è un buon tipo di questa classe. (Herschel).

La fig. 28, è una nebulosa, situata a 10° 28ᵐ di A. R. ed a 35° 36′ di D. P. N. La si descrive come una chiara nebulosa rotonda, formante un disco di quasi 15″ di diametro avvolto di un' atmosfera assai tenue (Herschel).

LXXXIV.

Nebulose annulari. — Si sono osservate pochissime nebulose annulari. Fino ad un'epoca recente non erano che quattro. I telescopi di lord Rosse ve ne aggiunsero poi altre cinque, mostrando che alcune nebulose, che dianzi si ritenevano piccole macchie rotonde, in realtà erano annulari. È sommamente probabile che s'abbiano a trovare annulari molti altri individui della più piccola classe di nebulose rotonde esaminandole con telescopi di forza e di bontà adeguate.

Nella fig. 29 è data una di queste nebulose la cui situazione è a 8° 47ᵐA. R. e 57° 11′ D. P. N, fra le costellazioni dei Gemelli e

del Cancro. Quest'oggetto, disegnato da sir Gio. Herschel, è la nebulosa annulare tra β e γ della Lira. Egli ne valutò il diametro a 6″,5; l'anello è ovale ed il suo asse maggiore è inclinato di 57°

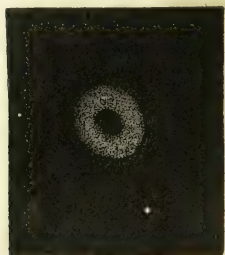



Fig. 29.

Fig. 30.

al meridiano. Lo spazio vuoto centrale *non è nero,* ma è pieno di luce vaporosa. I contorni non sono ritagliati nettamente ma sono mal definiti; l'aspetto che offrono è qualche cosa di rappreso e confuso, come quello delle stelle fuori di fuoco. Egli non ritiene di averla ben rappresentata nel disegno.

La fig. 30 presenta lo stesso oggetto veduto nel telescopio di lord Rosse. Il disegno venne eseguito col telescopio più piccolo di tre piedi di apertura prima che fosse fabbricato il telescopio più grande. La nebulosa fu osservata sette volte nel 1848 ed una nel 1849. Col telescopio grande l'apertura centrale mostrava maggiore nebulosità di quello che sembrasse avere coll'istrumento più piccolo. Si annunciò pure che col grande telescopio si vedevano intorno ad essa varie piccole stelle che non apparivano col più piccolo, dal che si conchiuse che le stelle vedute nell'apertura oscura dell'anello potessero essere puramente accidentali e non avessero relazione fisica colla nebulosa. Nell'anello si vedevano parecchie piccole stelle presso l'estremità dell'asse minore.

LXXXV.

Nebulose spirali. — La scoperta di questa classe di oggetti, i più straordinarii, e meno sospettati, che le ricerche moderne dell'astronomia stellare abbiano svelato, è dovuta a lord Rosse. Si può avere un'idea generale della loro forma e del loro carattere osservando quelle rappresentate dalle figure 32 e 84. Queste forme straordinarie sono tanto fuori di qualunque analogia con qualsiasi dei fenomeni presentati o nei movimenti del sistema solare, o nelle comete, od in qualunque altro degli oggetti, su cui fu diretta l'os-

servazione, che riesce vana ogni congettura sulla condizione fisica delle masse di stelle che ponno assumere le dette forme. Non è grande il numero degli esempi di queste forme, fino ad ora scoperti: è però sufficiente a provare che il fenomeno, qualunque ne sia la causa, risulta dall'operazione di qualche legge generale. È cer-

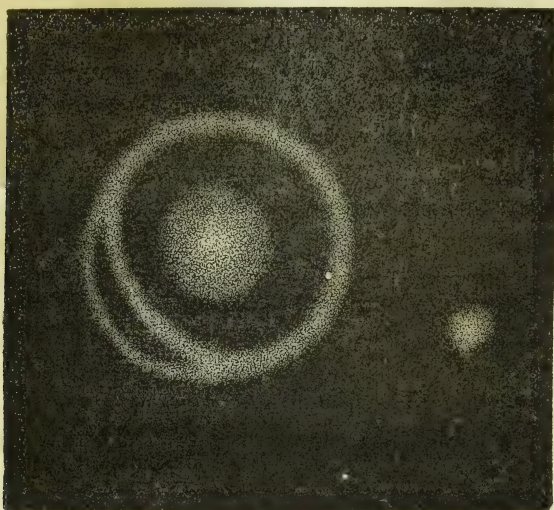



Fig. 31.

tissimo che verranno in luce altri casi dello stesso fenomeno quando si saranno applicate ad altre nebulose quei potenti strumenti che hanno reso visibili le forme in discorso in oggetti che, studiati da tanto tempo dai più distinti osservatori dell'ultimo secolo, compresivi sir Guglielmo e sir Gio. Herschel, ajutati dai più potenti telescopi di cui potevano disporre, non avevano neanche destato un sospetto della loro forma e struttura reale. Sotto questo punto di vista è da lamentarsi che i telescopi di lord Rosse non abbiano l'immenso vantaggio di essere adoperati sotto cieli più favorevoli alle osservazioni stellari, perchè per scoprire queste forme si richiedono non solo degli strumenti della potenza di quelli che ora non sono posseduti che da lord Rosse, ma ben anco le più favorevoli condizioni atmosferiche.

Una delle nebulose più rimarchevoli in relazione con questa classe di oggetti è situata a $13^h\ 33^m$ di A. R e $41^o\ 56'$ di D. P. N; la fig. 31 la rappresenta quale fu osservata e disegnata da sir Gio. Herschel. « Essa è » dice quell'eminente astronomo, « per molti ri-

spetti, una delle più notevoli ed interessanti della sua classe, e venne esaminata minutamente da tutti i più distinti osservatori. » La distanza del centro della piccola nebulosa da quello dalla grande, assegnato da Messier, è di 4′ 35″, e può servire di *modulo* per misurare le altre sue dimensioni. Sir Guglielmo Herschel la descrisse come una brillante nebulosa rotonda circondata da un alone od aureola e seguita da un compagno. Sir Gio. Herschel la osservò e la rappresentò come è disegnata nella figura. Egli fece conoscere la divisione parziale che si scorge nell'anello, somigliante ad una fenditura e così pure gli altri lineamenti più notevoli ed interessanti e ne conchiuse che, supponendolo composto di stelle, l'aspetto che presenterebbe ad un osservatore che si trovi su di un pianeta vicino ad una di esse posta, eccentricamente verso il primo quarto a nord della massa centrale, sarebbe perfettamente simile a quello della via lattea veduta dalla terra, traversando in maniera affatto simile il firmamento delle grandi stelle su cui si vedrebbe projettato il gruppo centrale, e sembrando come quella, a motivo della sua maggiore distanza, composto di stelle molto più piccole di quelle che sono nelle altre parti del cielo. « Non potrebbe darsi » domanda sir Gio. Herschel, « che il nostro sistema abbia un fratello dotato d'una reale somiglianza fisica e d'una forte analogia di struttura? » Sir Gio. Herschel argomenta inoltre che sia da abbandonarsi qualunque idea di simmetria causata dalla rotazione per la considerazione che la forma ellittica della porzione interiore suddivisa, indica con tutta probabilità un' elevazione di essa parte sul piano del rimanente: di modo che la forma reale sarebbe quella di un anello fenduto per metà della sua circonferenza, ed in cui le porzioni della parte fenduta sarebbero separate fra di loro di un angolo di 45°.

La fig. 32 esprime lo stesso oggetto veduto col telescopio di lord Rosse. Appare qui, in modo sorprendente, come questi oggetti possano variare affatto di apparenza per un maggior potere d' ingrandimenti ed una più squisita eccellenza del telescopio con cui sono veduti. È evidente, che si può ravvisare ben poca somiglianza od analogia fra le figure 31 e 32. Lord Rosse però dice che se quello di sir Gio. Herschel fosse stato collocato alla foggia di un telescopio di Newton, i brillanti giri della spirale veduti col suo, si sarebbero riconosciuti in quell'apparenza che sir Gio. Herschel suppose prodotta da un anello fenduto o diviso. Lord Rosse osserva in oltre che ad ogni aumento di potenza ottica, la struttura dell' oggetto si fa più complicata e più inconciliabile con tutto ciò che si potrebbe supporre come risultato di una delle forme di legge dinamica di cui si trovi

un'altra corrispondente nel nostro sistema. La connessione della nebulosa secondaria colla principale, di che non v'è il minimo dubbio, e che è rappresentata nella figura, cresce se fosse possibile, nell'opinione di lord Rosse, la difficoltà di formare un' ipotesi plausibile.

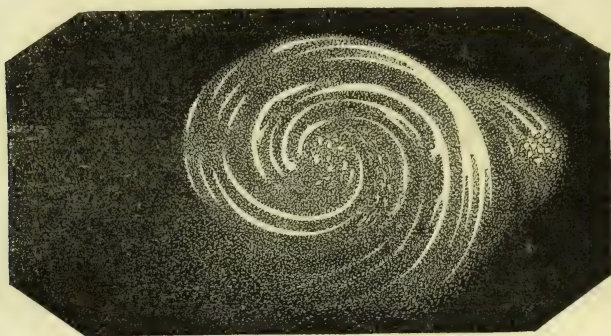



Fig. 32.

Egli ritiene sommamente improbabile l'esistenza di un tal sistema senza movimenti interiori. Possiamo ajutare la nostra immaginazione unendo all'idea del moto gli effetti d'un mezzo resistente: ma, sotto qualunque punto di vista, è impossibile di considerare questo sistema come un caso di semplice equilibrio statico. Egli per ciò ne ritiene le misure del più alto interesse ma di grande difficoltà.

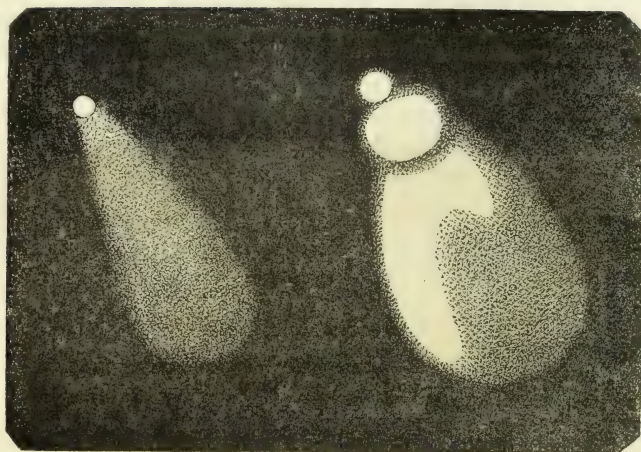



Fig. 50. Fig. 51.

Capitolo sesto.

Nebulose spirali (seguito). — 86. Numero delle nebulose. — 87. La nebulosa della Campana Muta osserrata da sir Gio. Herschel e da lord Rosse. — 88. Varie nebulose figurate dagli stessi osservatori — 89. Grandi nebulose irregolari. — 90 Ricco gruppo nel Centauro. — 91. La grande nebulosa in Orione. — 92. La grande nebulosa in Argo. — 93. Nubi Magellaniche.

Nella fig. 33 è riprodotto un disegno fatto da sir Gio. Herschel di una grande nebulosa il cui diametro fu valutato di 3', cioè di una decima parte di quello della luna. Essa è situata a 9° 22^{m}di A. R e 67° 45' di D. P. N ed è quindi presso la parte settentrionale della costellazione del Leone minore. Sir Gio. Herschel la descrive come una estesa nebulosa assai chiara, con un principio d'un secondo nucleo, il quale però è assai tenue.

La fig. 34 esprime lo stesso oggetto veduto col telescopio di lord Rosse. Esso venne osservato col grande telescopio per la prima volta il 24 marzo 1846 e allora vi fu scoperta qualche tendenza alla forma annulare o spirale. Nel 9 marzo 1848 con un tempo più favorevole, la forma spirale fu veduta distintamente in una direzione obliqua. La nebulosa appariva ben separata, particolarmente verso il centro, dove era assai brillante.

Un'altra nebulosa spirale stranissima è mostrata nella fig. 35 a pag. 379. Essa fu esaminata da tutti gli osservatori distinti fino del-

l'epoca di Messier, nel cui catalogo è marcata col num. 99. La forma spirale della nebulosa, rappresentata nella fig. 52, fu scoperta da lord Rosse sul principio dell'anno 1845. Nella primavera del 1846 fu

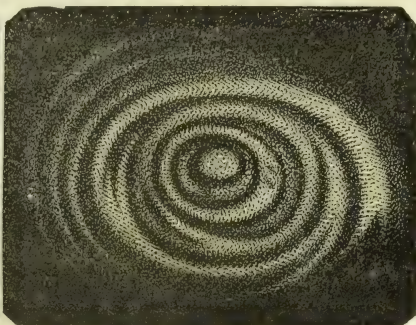



Fig. 33. Fig. 34.

scoperta quella mostrata dalla presente figura. Anche qui si presenta la forma spirale, ma è di un carattere differente. Lord Rosse congettura che le nebulose num. 2370 e 3239 del catalogo australe di Herschel siano molto probabilmente oggetti di somigliante carattere. Siccome il telescopio di Herschel non svelava alcuna traccia della forma di questa nebulosa, non fa sorpresa che non abbia scoperta la forma spirale che si presume appartenere alle altre, e non è quindi fuor di ragione lo sperare, come il nobile lord, che ripassando in esame l'emisfero australe con strumenti di maggiore potenza, queste due nebulose rimarchevoli abbiano a dare qualche risultato interessante.

Lord Rosse ha scoperto delle altre nebulose spirali, ma sono comparativamente difficili a vedersi, e si richiedono gli strumenti della massima forza per farne risaltare i dettagli.

La fig. 36 mostra un altra nebulosa di carattere spirale e di forma singolarissima. È situata a $1^{\circ}\ 24^{m}$ di A R ed a $60^{\circ}\ 31'$ di D. P. N. e perciò si trova nella parte settentrionale della costellazione dei Pesci. È assai grande, avendo un diametro che non è meno la metà di quello della luna. Essa fu assoggettata ad osservazione da tutti gli osservatori più distinti. Sir Gio. Herschel la descrive come di enorme grandezza e di splendore crescente assai gradatamente verso il mezzo, con una stella di dodicesima grandezza a nord del nucleo, e caratterizzata da irregolarità di luce ed anche da tenui nuclei secondari e da molte piccole stelle. Il disegno la rappresenta come appariva col più potente dei telescopi di lord Rosse. Nel 6, 10, e 16 settem-

bre 1849 vi si ravvisò assai chiaramente una tendenza alla forma spirale. Tutto l'oggetto era avvolto in una leggiera nebulosità che probabilmente si stende oltre parecchi nodi, situati all'intorno in differenti direzioni.

LXXXVI.

Le forme e le grandezze delle nebulose variano all'infinito, talchè riesce impossibile di ridurle ad una classificazione determinata. Anche il numero ne è illimitato. I cataloghi di sir Gio. Herschel

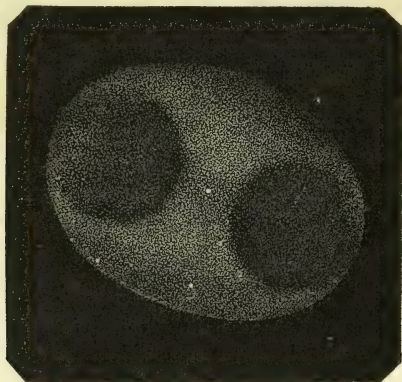



Fig. 37.

ne contengono più di 4000, di cui sono assegnate le posizioni, e sono descritte la grandezza, la forma ed i caratteri apparenti. Col moltiplicarsi degli osservatori e col perfezionamento dei telescopi, specialmente quando i mezzi di osservazione verranno estesi ai luoghi più acconci a queste osservazioni, si può ritenere che il loro numero abbia ad aumentare indefinitamente.

LXXXVII.

Nella fig. 37 è riprodotto il disegno di una notissima nebulosa fatto da sir Gio. Herschel. Dalla sua forma apparente essa ebbe il nome di nebulosa della campana muta. (1). È situata a 19° 52m di

(1) È in uso in Inghilterra un esercizio ginnastico per l'espansione del petto, il quale consiste nel percuotere insieme due pesi tenuti in mano, dinanzi e dietro la persona. Questi pesi sono chiamati Dumb-bells ossia *Campane mute.* Dalla somiglianza di figura con questi pesi venne il nome dato da sir Gio. Herschel alla nebulosa in discorso. *Nota del Traduttore.*

A. R. e 67° 44′ di D. P. N. e in conseguenza tra le costellazioni della Volpe minore e della Lira. Sir Gio. Herschel ne assomiglia la forma a quella di una campana muta, o di un projettile a due teste o di un' oriolo a polvere, essendo riempiuto il contorno ellittico da una luce vaporosa più tenue. L' asse di simmetria passante per i centri delle due masse principali è inclinato di 30° al meridiano. Il diametro della luce ellittica è di 7′ ad 8′. Non è separabile ma vi si scorgono quattro stelle della 12ma, della 13ma e della 14ma grandezza. La testa meridionale è più densa dell' altra. Quest' oggetto straordinario fu esaminato anche da sir Gugl. Herschel che vi riconobbe la stessa figura particolare. Sir Gio. Herschel, ritiene che la circostanza più notevole da esso presentata sia la leggiera nebulosità che riempie le concavità laterali della figura e le converte di fatto in protuberanze, rendendo il contorno esteriore un ellisse regolare il cui asse minore coincide l' asse delle due masse più brillanti. Volendola riguardare come una massa in rivoluzione, è intorno a quest' asse minore che dovrebbe girare. In questo caso egli opina che la sua forma reale sarebbe quella d' una sferoide schiacciata; siccome non conseguirebbe da ciò che le posizioni più brillanti dovessero essere di necessità le più dense, quest' ipotesi non sarebbe inconciliabile colle leggi dinamiche, almeno ove si supponga che le parti della nebulosa possano esercitare delle vicendevoli pressioni l' una sull' altra. Ma se si compone di stelle distinte ciò non può ammettersi e bisogna allora ricorrere ad altre ipotesi per rendere ragione della sua figura. Sir Gio. Herschel, come s' è fatto notare, non riuscì a risolvere questa nebulosa.

La fig. 38 presenta il medesimo oggetto veduto col telescopio di Lord Rosse di tre piedi di apertura e ventisette piedi di distanza focale.

La fig. 39 lo presenta quale si vede col grande telescopio di Lord Rosse, il quale ha sei piedi di apertura e cinquantatre piedi di distanza focale.

La differenza che passa tra queste figure e quella data da sir. Gio. Herschel del medesimo oggetto, serve ad illustrare in modo sorprendente le osservazioni già fatte sugli effetti prodotti dai differenti gradi di ingrandimento e di nettezza sull'apparenza degli oggetti che si esaminano. Si concepisce difficilmente che queste tre figure rappresentino un oggetto medesimo.

Per spiegare la differenza che si nota fra il disegno, fig. 38, fatto col telescopio più piccolo e l' altro, fig. 39, eseguito col più grande, Lord Rosse osserva che l' applicazione d' un forte ingrandimento

mentre fa emergere delle piccole stelle, che non sono visibili con minori ingrandimenti, estingue completamente la nebulosità che questi

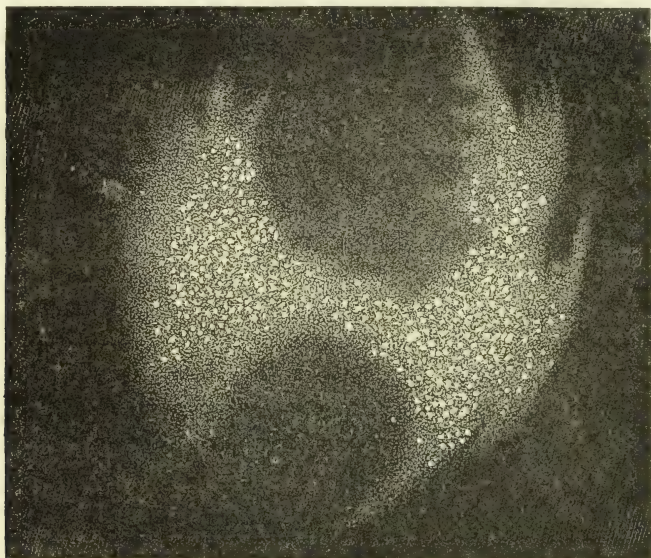



Fig. 38.

rendono visibile. La cagione ottica di un tal fatto è subito intesa; tuttavia non si ebbe riguardo a questa circostanza quando si eseguirono le osservazioni da cui si cavò il disegno della fig. 38. In

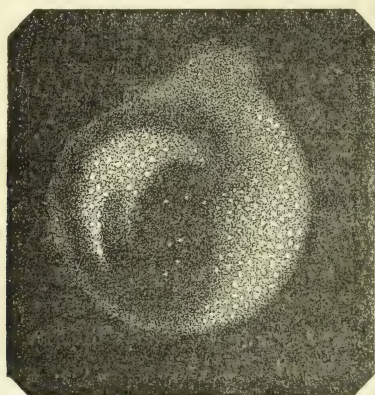



Fig. 36.

quell'occasione non si adoperò che un solo ingrandimento e questo fortissimo, per la qual cosa, sebbene le due teste della campana

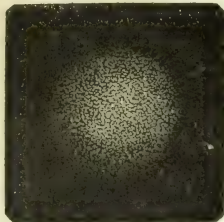
muta apparissero più interamente separate, la materia vaporosa che riempie lo spazio intermedio e che Herschel considerò come il carattere più rimarchevole di questa nebulosa, mancava affatto nell'immagine ottica. Se in quell' occasione si fosse adoperato anche un secondo oculare di minor forza, si sarebbe veduta la materia vaporosa intermedia, come è mostrata dal disegno, ed il disegno sarebbe stato altrettanto perfetto e quasi identico di quello che si sarebbe ottenuto dal telescopio più grande adoperandovi un ingrandimento minore.

Si noterà che la grande esattezza geometrica presenta che il contorno generale di questo oggetto rimarchevole esaminandolo coi deboli ingrandimenti di cui s'è valso sir Gio. Herschel è pienamente distrutta dall' applicazione dei più forti ingrandimenti di lord Rosse, e che perciò perdono molto della loro forza, se pure non riescono affatto inammissibili, le considerazioni teoriche di sir Gio. Herschel basate su questa forma particolare: è questo uno degli esempi che provano quanto sia malsicuro di cavare delle conseguenze teoriche da particolarità apparenti nella forma o nella struttura di questi oggetti, le quali possono risultare unicamente dall' imperfetta impressione che ne riceviamo, e quindi svanire quando si adoperino degli ingrandimenti più forti. Il caso della nebulosa presentata dalle fig. 31 e 32 offre un altro esempio convienente della forza di queste osservazioni.

LXXXVIII.

La fig. 40, rappresenta una nebulosa disegnata da sir Gio. Herschel, il quale la descrisse come una grande nebulosa leggiera rotonda, che, con un attento esame si può ravvisare composta di stelle eccessivamente minute somiglianti a punto raschiato. Di fatti è un ammasso globulare.

Fig. 40.

La fig. 41, rappresenta una nebulosa situata a 22° 56^m di A. R e 88° 36′ di D. P. N e quindi nella parte australe della costellazione Pegaso. La sua lunghezza venne stimata da sir Gio. Herschel di 2′, cioè d'una 15ma parte del diametro della luna, e la larghezza di appena mezzo minuto, cioè d' una 60ma parte della larghezza del disco lunare. La fig. 41 mostra come la si vedeva sul telescopio di sir Gio. Herschel. Egli la descrisse come ben chiara e separabile e

stendentesi tra due piccole stelle, con due piccolissime stelle visibili in essa.

La fig. 42 esprime lo stesso oggetto veduto nel telescopio di lord Rosse. Venne osservato molte volte tanto da lord Rosse in persona

Fig. 41. Fig. 42.

che da parecchi dei suoi amici ed il disegno ne rappresenta la forma con molta precisione. È dubbio se questa forma sia veramente spirale o se piuttosto non sia propriamente annulare.

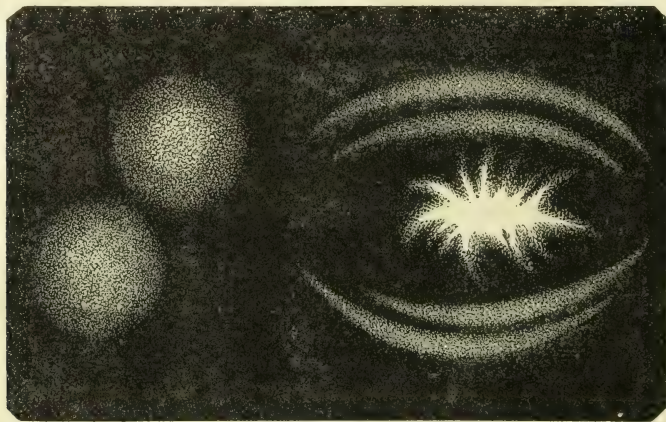



Fig. 43. Fig. 44.

La fig. 43, mostra una nebulosa doppia situata a 7° 15^m A. R e 60° 11′ di D. P. N e quindi presso la brillante stella Castore. Fu disegnata da sir Gio. Herschel che la descrisse come una curiosa nebulosa doppia, o come una nebulosa allungata a due centri.

La fig. 44 indica lo stesso oggetto veduto col telescopio di lord

Rosse il 22 dicembre 1848. Fra le nebulose si vedeva una stella brillante da cui partivano code e filamenti ricurvi. Si sospettava l'esistenza d'un anello che circuisse le due nebulose.

Le fig. 45 e 46 rappresentano una stessa nebulosa, come fu veduta da sir Gio. Herschel e da lord Rosse. Dessa è situata ad

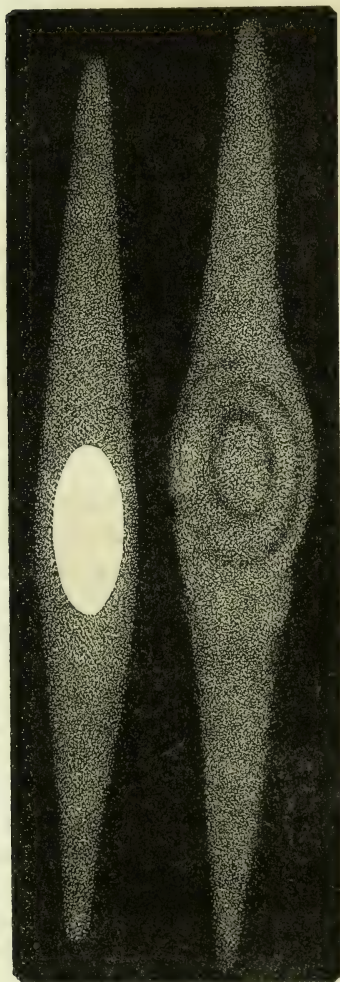



Fig. 45. Fig. 46.

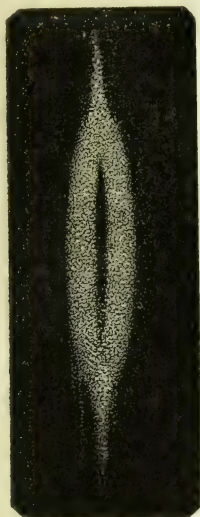



Fig. 47.

11° 10^m A. R e 75° 59′ D. P. N e perciò fra le due stelle più brillanti della costellazione del Leone. La sua lunghezza è di 4′ o di circa un settimo del diametro lunare. Secondo la descrizione di sir Gio. Herschel è grande e di forma ellittica con un nucleo rotondo e di splendore gradatamente crescente verso il mezzo.

Nella fig. 46 la si vede quale apparve nel telescopio di lord Rosse il 31 marzo 1848. È descritta come una nebulosa strana a nucleo separabile con intorno a questo una spirale od un anello. Gli stessi risultati si ebbero dalle osservazioni fatte il 1° ed il 3 di aprile.

La fig. 47, mostra una nebulosa situata a 15° 2^m, A R ed a 33° 35′ D. P. N della lunghezza di 50″ e della larghezza di 20″.

Questa nebulosa non fu disegnata da sir Gio Herschel, ma venne da lui descritta come assai chiara e dotata di un grandissimo splendore verso il mezzo. Il disegno la rappresenta veduta nel telescopio di lord Rosse, nell'aprile 1848. lord Rosse la descrive come una nebulosa separabile assai chiara, ma in cui però non si può distinguere nessuna delle stelle componenti anche con un ingrandimento di 1000 volte. Nella direzione dell' asse maggiore dell' ellisse si vede una divisione longitudinale perfettamente diritta. Si mostrava fortemente separabile verso il nucleo; secondo lord Rosse la proporzione dell' asse maggiore al minore è di 8 ad 1, cioè molto maggiore di quella assegnata da sir Giovanni Herschel.

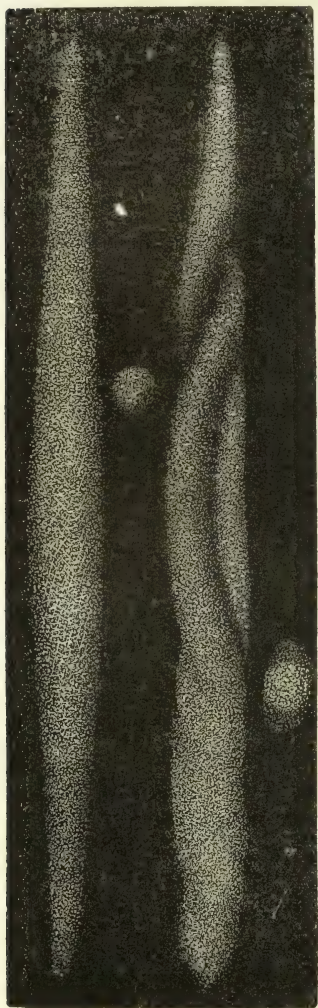



Fig. 48. Fig. 49.

Nelle fig. 48 e 49, è presentata una stessa nebulosa veduta da sir Giovanni Herschel e da lord Rosse. Essa trovasi a 12° 33^m di A. R e 55° 30′ di D. P. N quindi presso il limite boreale della Chioma di Berenice. Sir Gio. Herschel la descrive come una nebulosa di enorme lunghezza, stendentesi traverso tutto un campo di 15, di cui il nucleo non è ben definito. Era preceduta da una stella di decima grandezza e questa da una piccola nebulosa rotonda, tenue, formando tutte insieme una bella e curiosissima combinazione.

La fig 49 è lo stesso oggetto veduto col telescopio di lord Rosse il 19 aprile 1849. Il disegno si dice eseguito con gran diligenza ed assai preciso. È uno degli oggetti più strani, apparendovi delle masse di luce intrecciate insieme.

La fig. 50, pag. 396 rappresenta una nebulosa posta a 6° 30^m di A. R e 81° 31′ di D. P. N quindi a metà circa fra la brillante stella Procione e le spalle della costellazione Orione. Sir Gio. Herschel la descrive come una stella di dodicesima grandezza da cui

esce un brillante ramo, simile ad una coda di cometa, della lunghezza di 60″ ed inclinato di un angolo di 60° col meridiano passante per esso. Secondo quella descrizione la stella non è ben definita e la sommità della nebulosa arriva ad essa esattamente, e non la sorpassa.

La fig. 51, pag. 396 è lo stesso oggetto veduto col telescopio di lord Rosse il 16 febbrajo 1850. Lord Rosse osserva che i due spazi relativamente scuri, uno presso il vertice e l'altro presso la base del cono, sono assai rimarchevoli.

La fig. 52, pag. 343 rappresenta una nebulosa situata a 11° 5^m A. R e 34° 3′ di D. P. N con un diametro eguale a circa la 90ma parte di quello della luna. Sir Gio. Herchel la disegnò e descrisse come un gran disco nebuloso uniforme, assai chiaro e perfettamente rotondo, che sebbene fortemente demarcato pure sfuma assai rapidamente nell' oscurità. È un oggetto dei più straordinari.

La fig. 53, pag. 343 lo presenta veduto nel telescopio di lord Rosse. Nella parte centrale della nebulosa si scorgono due stelle notevolmente separate: intorno a ciascun giro della spirale si vede un' oscura penombra con stelle che sono come apparenti centri d'attrazione in essa, e nella nebulosa separabile scintillano delle stelle. lord Rosse vide due grandi macchie molto oscure nel mezzo, e notò che tutto all' ingiro del suo contorno il firmamento appariva più scuro che altrove.

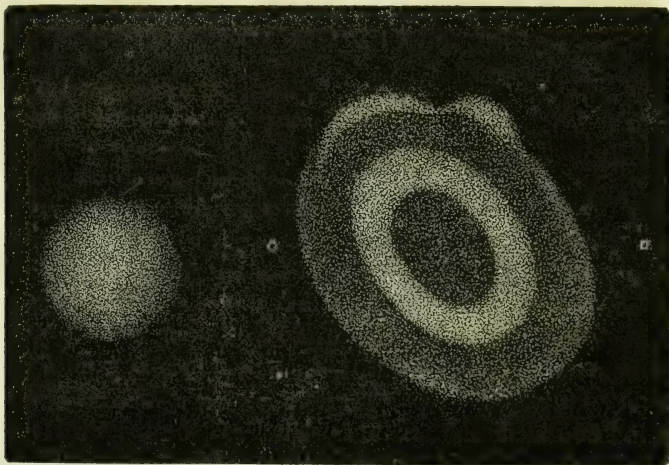



Fig. 54. Fig. 55.

La fig. 54 mostra una nebulosa posta a 23° 18^m di A. R e 48° 24′ di D. P. N disegnata da sir Gio. Herschel che la descrisse come

una bella nebulosa planetaria. Con un ingrandimento di 240 volte; appariva ben definita, chiara, alquanto screziata e coi margini per nulla confusi. Non è nebbiosa ma ha l'apparenza di un doppio contorno o di una piccola stella fuori di fuoco. È perfettamente circolare.

La fig. 55 è lo stesso oggetto veduto nel telescopio di lord Rosse dal 16 al 19 dicembre 1848. Vi appare una macchia scura circondata da un anello brillante.

Nella fig. 56. pag. 361 è rappresentata una nebulosa che trovasi a 20.° 54ᵐ A. R e 102° 3′ di D. P. N. Il diametro è di 10″ a 12″ secondo Herschel ma di 25″ per 17″ secondo Struve, lo che gli dà una forma più ovale. Questa figura è quella data da sir Gio. Herschel che la descrive come una bella nebulosa planetaria di luce uniforme e d'un colore celeste chiaro.

La fig. 57, pag. 361 è lo stesso oggetto veduto col telescopio di lord Rosse. Somigliava ad un globo circondato da un anello come quello di Saturno, colla solita linea nel piano dell'anello.

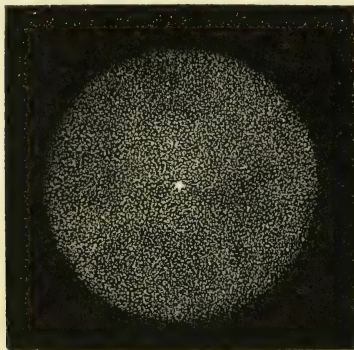
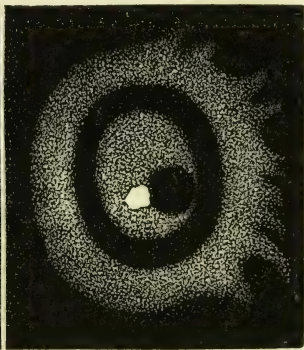



Fig. 58. Fig. 59.

La fig. 58 mostra una nebulosa disegnata da sir Gio. Herschel, la quale si trova a 7° 19ᵐ 8′ di A. R e 68° 45′ di D. P. N. È descritta come una stella posta esattamente al centro di una chiara atmosfera circolare del diametro di 25″, la qual stella è veramente tale e non un semplice nucleo, e anche quest'oggetto è fra i più notevoli.

La fig. 59, lo mostra veduto col telescopio di lord Rosse il 20 febbraio 1849: egli lo descrisse come oggetto sorprendentissimo. Fu esaminato nel gennaio 1850 con ingrandimenti di 700 e 900 volte, quando i due anelli l'oscuro ed il brillante sembravano di larghezza diseguale.

La fig. 60, rappresenta un disegno fatto da lord Rosse col suo telescopio più grande, di una nebulosa posta a 5° 27^{m} di A. R e

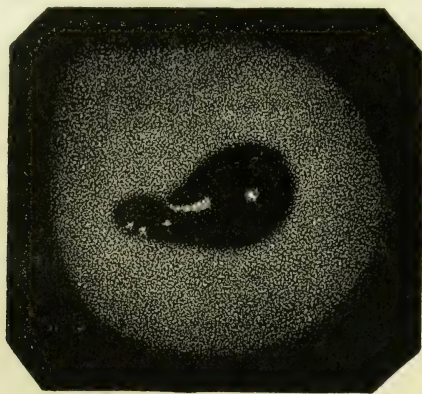



Fig. 60.

96° 2′ di D. P. N. Questa nebulosa circonda la piccola stella ε di Orione ed il suo diametro è circa un decimo di quello della luna.

LXXXIX.

Tutte le nebulose fin qui descritte sono per lo più oggetti di forma regolare e che sottendono piccoli angoli visuali. Ve ne hanno però altre di carattere differentissimo di cui non possiamo dispensarci di dare qualche notizia. Queste coprono sul firmamento degli spazii, alcune quasi altrettanto estesi ed altre anche più estesi del disco lunare. Alcune furono separate. Delle più grandi e più diffuse, alcune presentano pezze di luce vaporosa foggiate irregolarmente, affettando forme simili a quelle delle nubi, in cui si incontrano tutti i gradi di separabilità, dalla nebulosità irresolvibile anche coi maggiori e più potenti telescopi, alle stelle perfettamente separate come quelle della via lattea, ed « ammassi stellari abbastanza isolati e densi per potersi indicare colla denominazione di gruppi irregolari, talora d'una magnifica ricchezza. Ma, oltre queste, vi sono anche nebulose abbondanti sì regolari che irregolari, ammassi globulari, a qualunque grado di densità, ed oggetti di un carattere nebuloso affatto particolare, che non presentano analogìa con nessun altra parte del cielo. »

XC.

La stella ω del Centauro presenta uno degli esempii più sorprendenti di questa classe di ammassi stellari grandi e diffusi. È quasi rotonda ed ha un diametro apparente eguale a due terzi di quello della luna. Questo oggetto rimarchevole era compreso nel catalogo del sig. Dunlop (*Trans. Fil.* 1828); ma non è che dalle osservazioni di sir Gio. Herschel, al Capo, che si raccolsero delle nozioni sul suo splendido carattere. Questo astronomo lo giudica, senza paragone, l'oggetto più ricco e più grande della sua specie che esista in cielo. Le stelle che lo compongono sono alla lettera innumerevoli; è da ciò che la loro luce collettiva agisce sull'occhio poco più di una stella di quinta grandezza; si può immaginare facilmente la piccolezza di ciascuna di loro. La grandezza apparente dell'oggetto è tale, che vedendolo nel centro del campo del telescopio di 20 piedi, le stelle scompagnate ai margini cadevano fuori dei limiti del campo. Nel dire che il suo diametro è due terzi di quello del disco lunare s'intende di parlare del diametro dell'ammasso denso di stelle, non comprendendovi le stelle separate che sono ai margini. Facendo coincidere il centro del gruppo coll'orlo del campo, le stelle esteriori si stendevano a ben un mezzo raggio al di là del suo centro.

L'aspetto di questa nebulosa magnifica somiglia a quello presentato dalla fig. 18 soltanto che le stelle vi sono addensate maggiormente insieme ed il contorno è più circolare, ed indica che la forma reale della massa sia un globo perfetto.

XCI.

Grande nebulosa in Orione. Quest'oggetto staordinario è situato nell'elsa della spada della figura che forma la costellazione di Orione. Si compone di pezze nebulose irregolari in forma di nubi, che si stendono sopra una superficie di circa 40′ quadrati; vale a dire che la sua larghezza ed altezza apparente eccedono il diametro apparente della luna di circa un terzo, e la sua grandezza superficiale è quindi un po' più del doppio del disco lunare. Varii osservatori eseguirono dei disegni di questa nebulosa, ed in diverse opere ne furono pubblicate le incisioni.

La fig. 61 rappresenta la parte centrale di quest' oggetto. La porzione qui figurata ha un' altezza ed una larghezza minore di circa un sesto del diametro della luna. Nelle *Osservazioni al Capo* di sir

Fig. 61.

Gio. Herschel si trova un' incisione fatta in scala grandissima di tutta l' estensione della nebulosa con un' indicazione delle stelle che

vi servono come di punti di richiamo accompagnata dai più interessanti dettagli delle osservazioni da lui fatte sulla medesima.

Sir. Gio. Herschel assomiglia la forma della porzione più brillante della nebulosa a quella della testa e delle mascelle spalancate di un animale mostruoso con una specie di proboscide uscente dal suo muso. Le stelle sparse su di essa non hanno probabilmente con lei alcuna connessione, e si trovano senza dubbio molto più vicine al nostro sistema, della nebulosa sulla quale si vedono projettate. Delle parti di questa nebulosa, esaminate coi potenti telescopi di lord Rosse, offrono evidenti indizii di separabilità.

XCII.

La fig. 62, pag. 324, mostra un oggetto della stessa classe che presenta simili apparenze, esso è diffuso intorno la stella η nella costellazione Argo, e formò un oggetto speciale di osservazione per parte di sir Gio. Herschel, durante la sua residenza al Capo. Nelle *Osservazioni al Capo* si può vederne un' incisione fatta su di una grande scala, e che ne mostra tutti i dettagli. Il centro della nebulosa è posto a 10° 38′ 38″ di A. R e 148° 47′ di D. P. N.

Essa si compone di macchie nebulose diffuse ed irregolari che si stendono sopra una superficie misurata da quasi 7^m di ascensione retta e 68′ di declinazione, e la cui area è perciò equivalente ad uno spazio quadrato lungo e largo un grado. Occupa dunque in cielo uno spazio circa cinque volte più grande del disco lunare.

La parte di nebulosa che circonda immediatamente la stella centrale è rappresentata dalla fig. 62. Lo spazio qui rappresentato misura circa un quarto di tutta l' estensione della nebulosa in declinazione, ed un terzo in ascensione retta ed è però un dodicesimo circa della sua grandezza totale.

Nessuna parte di quest' oggetto rimarchevole ha mostrato la minima tendeuza a lasciarsi risolvere. È interamente compreso nei limiti di quella parte di via lattea che traversa il firmamento australe, le stelle della quale si vedono projettate su di esso a migliaja. Sir Gio. Herschel infatti ha contato 1200 di queste stelle projettate sopra una parte della nebulosa che misura non più di 28′ di declinazione e 32′ di ascensione retta, e ritiene impossibile di non conchiuderne che guardandolo, lo si vede traverso ed al di là della via lattea, molto innanzi nello spazio dopo una regione senza stelle che la disgiunge affatto dal nostro sistema.

XCIII.

Le nubi Magellaniche sono due estese macchie nebulose che si vedono pure nell' emisfero australe, e di cui la più grande chiamata *nubecula major* è compresa fra 4^0 40^m e 6^0 0^m di A. R e 156^0 e 162^0 di D. P. N occupando una superficie di 42 gradi quadrati, e l'altra denominata *nubecula minor* giace tra 0^0 21^m e 1^0 15^{0m} di A. R e 162^0 e 165^0 di D. P. N coprendo circa 10 gradi quadrati.

Queste nebulose compongonsi di macchie di tutti i caratteri, alcune inseparabili, altre separabili in tutti i gradi, e mescolate con gruppi stellari, dotate insomma di tutti i caratteri già esposti nel caso delle grandi nebulose diffuse suddescritte. Il numero delle nebulose distinte e dei gruppi stellari ammucchiati in queste parti di firmamento è così grande che sir Gio. Herschel ne ha contate 278, oltre 50 o 60 distaccate, entro lo spazio della sola nubecola maggiore.

IL TEMPO

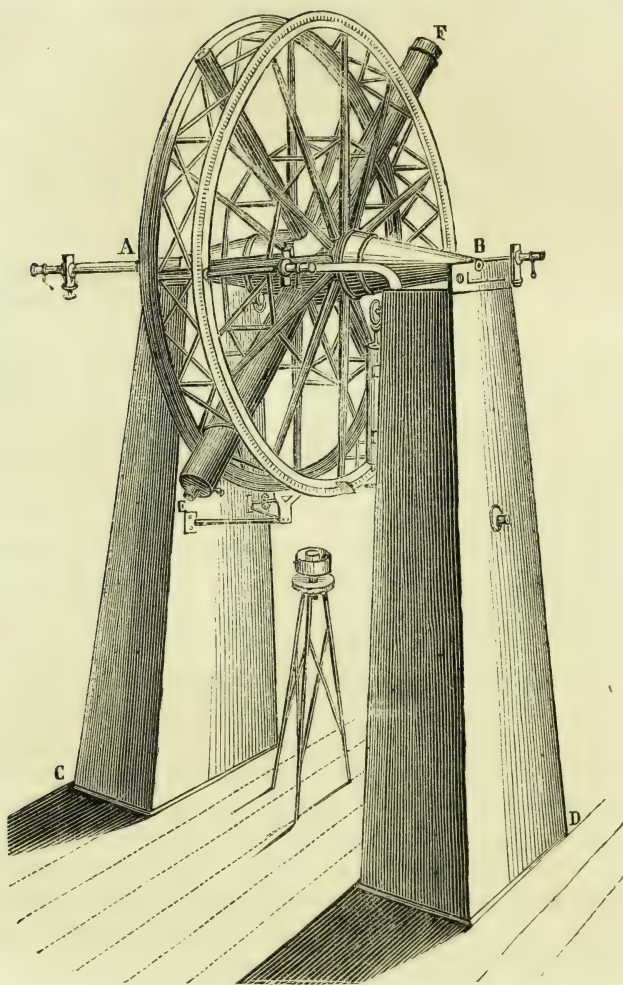



Fig. 1.

Capitolo Primo.

I. Le nozioni semplici sono difficili a definirsi. — II. Come si ottenga il concetto del tempo. — III Mediante una successione di impressioni sensibili. — IV. Prova della necessità d'una simile sucessione. — V. Il tempo scorre più veloce per alcune impres-

sioni che per altre. — VI. Non lo si può misurare che per mezzo di una successione regolare ed uniforme. — VII. Fenomeni periodici che ponno servire a misurare il tempo. — VIII. Apparenze naturali acconcie a questo scopo. — IX. Significati della parola *giorno*. — X Ore. — XI. La loro lunghezza in certi casi è variabile. — XII. Ore volgari equinoziali. — XIII. Principio del giorno presso le differenti nazioni. — XIV. Tempo all'Italiana. — XV. Inconvenienti di una tal maniera di contare il tempo. — XVI. Metodo moderno. — XVII. Tempo civile e tempo astronomico. — XVIII. Il giorno è l'unità di tempo. — XIX. Necessità di determinarlo rigorosamente. — XX. Che cosa è un giorno? — XXI. Rotazione diurna dei cieli. — XXII. Sua costanza ed uniformità. — XXIII. Tuttavia non opportuna come misura di tempo civile. — XXIV. Meridiano. — XXV. Moto diurno del sole. — mezzi di osservarlo. — XXVI. Strumento dei passaggi. — XXVII. Maniera di adoperarlo. — XXVIII. Giorno Sidereo — sue suddivisioni. — XXIX. Sua costanza ed uniformità — nondimeno, disadatto come misura del tempo. — XXX. Perchè il sole non è adatto.

1.° *Del tempo in generale.*

I.

Le più semplici delle nostre nozioni sono anche le più difficili a descriversi od a definirsi. Per buona ventura sono però quelle che hanno minor bisogno di definizione.

I Geometri non riescirono a definire la linea retta o la superficie piana, ma non v'è nessuno che discordi sul significato di queste parole. Locke, colla sua solita felicità e chiarezza, osserva che una parola esprimente un'idea semplice non ammette definizione, per la ragione che siccome la definizione è una sentenza composta di due o più vocaboli di diverso significato, non ponno questi colettivamente esprimere un'idea che non è per nulla composta. L'unica maniera di far concepire alla mente altrui il significato di una di queste parole, è di presentare ai di lui sensi l'oggetto o la qualità che la medesima esprime. Se costui possiederà l'organo del senso necessario, avrà immediatamente quella percezione: in caso diverso, tutte le parole del mondo non gliela potrebbero dare. Uno che sia cieco o sordo dall'infanzia, non potrà mai ricevere percezioni di colori o di suoni. Un cieco che aveva ascoltato con tutta l'attenzione una descrizione elaborata del calore *scarlatto*, dichiarò di averne una nozione assai chiara e soddisfacente, e che quel colore gli pareva simile al *suono d'una trombetta!*

II.

Tempo, è uno di quei vocaboli sul cui significato sembra che non ci dovrebbe essere disaccordo: pure, non si può, come nel caso dei vocaboli che esprimono idee sensibili, riferirlo a qualche oggetto esterno da cui ricevere immediatamente la percezione espressa dal

vocabolo. Sebbene non si possa definire a parole il significato delle voci rosso e bianco, possiamo additare la rosa ed il giglio e così far senza definizione verbale. Non si possono definire le note dell'usignuolo e dell'allodola, ma uscendo a passeggiare di notte o di buon mattino l'uno o l'altra ci fa udire una musica più eloquente di qualsiasi definizione.

Si potrebbe ora con un simile appello ai sensi, ottennere la nozione di ciò che esprime il vocabolo *Tempo?* A quale degli organi dovremo rivolgerci? Il Tempo non si può nè vedere, nè udire, nè gustare, nè odorare, nè toccare. Non si può afferrarlo e sottoporlo all'analisi. È la più fugace di tutte le percezioni. Un momento tien dietro all'altro in successione giammai interrotta, e non si può dire di nessun momento che abbia qualche esistenza continuata in modo da poterlo assoggettare a contemplazione.

III.

I metafisici discordano sul processo mentale per cui riceviamo la percezione di una durata, ma in generale convengono in ciò che la sua origine sia in istretta connessione colla successione dei nostri pensieri e delle nostre idee. Dall'osservazione per parte nostra e dalla coscienza di questa successione, e da ciò unicamente, deriva il concetto originale di tempo. Quando la mente si è provvista di idee e di percezioni derivate per mezzo dei sensi dagli oggetti esterni, la memoria le può riprodurre a volontà e schierare in serie varie all'infinito dinanzi all'imaginazione. Di simili successioni di pensieri e di sentimenti evocati per tal modo dalla memoria, noi abbiamo una coscienza altrettanto distinta come di quelli derivati direttamente dagli oggetti esteriori, e per questa coscienza acquistiamo una percezione di tempo mentre non è presente ai sensi nessun oggetto esterno. Se per esempio ci troviamo svegli nel bujo della notte, ci passa per la mente una serie di pensieri e di imagini che non consistono che di varie idee e di combinazioni fornite dalla memoria. Questa serie di nozioni crea una coscienza da cui deriviamo la percezione d'un certo lasso di tempo.

IV.

E che alla percezione del tempo sia assolutamente necessaria un effettiva successione di pensieri, emozioni, idee od imagini, sia che derivino direttamente dagli oggetti esterni, sia che nascano dietro operazioni della memoria, della riflessione, o dell'immaginazione, ciò è dimostrato dal fatto che ogni qualvolta cessi una simile succes-

sione, cessa insieme ogni percezione di tempo. Così quando siamo immersi in un sonno profondo, senza sogni, non abbiamo nessuna percezione di durata. Essendo andati a dormire la notte, svegliandoci il mattino seguente è vero che sappiamo che è scorso un certo intervallo di tempo definito, ma questa cognizione noi la deriviamo per illazione dai fenomeni esterni, e per niente affatto dalla nostra coscienza. Vediamo che le tenebre della notte si sono tramutate nella luce del giorno, che il sole che era sotto l'orizzonte ora è disopra, e per antica sperienza sappiamo che questi cambiamenti non si producono che in un certo lasso di tempo e che quindi dève essere trascorso questo tratto di tempo da che ci siamo addormentati. Che se ci addormentassimo la sera e non ci svegliassimo che la mattina del posdomani, non ci accorgeremmo che fosse trascorsa più di una notte. Robinson Crusoe, solo in un isola deserta, trovandosi malato, ingojò un narcotico composto di rum e di un infusione di tabacco, per cui cadde in un sonno profondo che continuò dalla notte fino al pomeriggio del posdomani e non si accorse che fosse passata più di una notte. Liberato poi dal suo solitario soggiorno e confrontando il suo giornale colla data del giorno, scoprì di aver perduto un giorno in quell'occasione.

V.

Si potrebbe da ciò inferire naturalmente che siccome la successione dei pensieri e delle impressioni mentali è l' origine delle percezioni di una durata, così essa deve essere di necessità la misura delle durate ed anzi la loro sola misura. È però facile di vedere che una tale illazione non è ammissibile senza una importante e notevole distinzione. La successione delle impressioni sensibili prodotte da certe serie regolari ed uniformi di fenomeni esterni è senza dubbio una misura esatta, anzi la sola esatta, del tempo, ma d'altra parte sarebbe grande errore il pretendere che potesse risultare una giusta misura della durata da qualsivoglia serie di impressioni mentali. Chi ignora che una serie di pensieri aggradevoli e di idee brillanti ci fa trascorrere il tempo con incredibile rapidità? (1) — E che la serie dei nostri

(1) Io sostai troppo. Perdona il delitto!
Inavvertite trascorsero le ore.
Come è lieve e senza strepito il piede del tempo
Se non cammina che su fiori!
Ah! Chi guarda, chi tien conto esatto
Dell'eflusso della sua clessidra
Se tutta la sua polvere sono scintille di diamante
Che rifulgono nel passare?

pensieri diventa una misura del tempo sommamente fallace, quando siamo fatti giuoco delle passioni e delle emozioni più eccitanti, della speranza, della paura, della disperazione? (1).

VI.

Una successione di pensieri e di percezioni che scorrano a caso per la mente o siano eccitati fortuitamente e senza regolarità dagli oggetti esteriori, produce una percezione del tempo ma non può valere a misurarlo; in quella stessa guisa che la veduta generale d'un paesaggio produce l'impressione d'una certa progressione di distanze fra gli oggetti che lo compongono, senza però offrire i mezzi di stimare quelle distanze con precisione numerica.

Una serie di avvenimenti o di percezioni, per servire a misura del tempo, deve essere assolutamente uniforme e rogolare. Allora il numero delle ripetizioni dello stesso avvenimento o del fenomeno che hanno luogo tra due punti della serie diviene la misura dell'intervallo di tempo trascorso fra i medesimi.

VII.

Le serie di fenomeni adottate come misura del tempo sono altre naturali ed altre artificiali. Le misure naturali del tempo consistono in fenomeni periodici di ricorrenza regolare, osservabili facilmente ed

(1) Rosalinda. Il tempo cammina a passo diverso per le diverse persone: io ti dirò per chi vada l'ambio, per chi vada al trotto, per chi di galoppo, e per chi sia affatto immobile.

Orlando. Dimmi ti prego, per chi vada al trotto?

Rosal. In fede mia, va al trotto lento per una giovanetta fra il contratto di nozze e il giorno in cui si celebrano gli sponsali. Se l'intervallo non è che d'una settimana, il passo del tempo è così stentato, che pare lunga sett'anni.

Orlan. Per chi il tempo va l'ambio ?

Rosal. Per un prete che non sappia di Latino, e per un ricco senza la gotta: perchè il primo dorme comodamente, non potendo studiare, e l'altro se la passa allegramente perchè non sente dolore; l'uno non sente il carico d'un sapere che strugge e dimagra, l'altro non conosce quella della greve e tediosa penuria. Per questi il tempo va l'ambio.

Orlan. Per chi il tempo va di galoppo?

Rosal. Per un ladro che vada alle forche: perchè sebbene vada con tutta la lentezza possibile, gli pare sempre d'arrivare troppo presto.

Orlan. Per chi è affatto immobile?

Rosal. Per un giureconsulto nelle vacanze: perchè dorme da principio alla fine e non si accorge del passare del tempo.

Shakspeare. *Come vi piace.* Atto 3. Scena 2

universalmente da tutti, e che non cessano di riprodursi colla stessa uniformità in tutte le parti del globo abitato. Le misure artificiali sono per lo più dei movimenti combinati in modo da restare uniformi finchè continuano, e che, dopo estinti, si ponno riattivare.

Però qualsiasi cambiamento periodico regolare può servire a misura del tempo. Così i guardaboschi conoscono l'età di certe piante da alcune marche sui loro tronchi. L'età di certe specie di bestie è indicata da successive formazioni di anelli sulle loro corna. L'età dei cavalli si desume dal successivo sparire di certi segni dai loro denti.

Se le candele nel bruciare si consumassero uniformemente, il loro diminuire di lunghezza potrebbe offrire una misura del tempo. In certe vendite all'incanto, la durata dell'offerta era limitata da tempo in cui si consumava *un pollice di candela.*

VIII.

Ma i fenomeni periodici più generalmente adottati in tutte le età e in tutti i luoghi come misura del tempo, sono quelli a ciò espressamente designati, fra molti fini più importanti dell'Onnipotente, il quale, dopo *aver fatto il firmamento e veduto che ciò bene stava* disse: —

« Siano fatti i luminari del firmamento del cielo e distinguano il giorno e la notte, e segnino le stagioni, i giorni e gli anni:

E fece Dio due luminari grandi; il luminare maggiore che presedesse al giorno e il luminare minore che presedesse alla notte. » Gen. I. 14, 16. (Vers. di M. Martini).

I giorni, le settimane, i mesi e gli anni e le suddivisioni del giorno, ore, minuti e secondi essendo state dunque adottate generalmente dagli uomini come misure del tempo, e come limiti della storia e della cronologia, si crederà forse che poco resti a dirsi in proposito; che questi vocabili cronometrici usati negli ordinari commerci della vita da tutti i popoli —

« Famigliari sulle loro labbra, come parole domestiche, »

abbiano un significato così chiaro, distinto e senza equivoci da rendere superflua qualunque spiegazione e discussione. Tutti sanno che cosa sia un giorno e che le settimane, i mesi e gli anni si compongono di tanti giorni. Ma si vedrà in breve che il senso di queste voci famigliarissime non è poi così chiaro come si suppone anche nelle menti di persone abbastanza istrutte.

2.° *Le Ore.*

IX.

Il vocabolo *Giorno* ha due significati distinti. In opposizione alla notte, significa il tempo durante il quale riceviamo luce dal sole. Ora quest'intervallo non è ben definito. Secondo alcuni s'intende l'intervallo tra l'aurora ed il tramonto; secondo altri, significa l'intervallo fra il primo albeggiare e la fine del crepuscolo vespertino, o fra lo sparire delle stelle prima del nascere del sole fino al loro riapparire dopo il tramonto.

L'altro significato della parola *Giorno* è quello che ha quando la si adopera come termine cronometrico. È l'intervallo di tempo trascorso fra due successive apparizioni del sole in uno stesso punto del cielo rispetto all'orizzonte. Quest'intervallo comprende evidentemente un giorno ed una notte.

Ad indicare questo secondo significato della voce *Giorno* i Greci adoperavano una parola che non trova l'equivalente in Italiano. Questa parola era νυχθήμερον (nuczémaron) composta dalle due voci notte e giorno.

X.

Da tempo immemorabile fu adottata da tutte le nazioni una divisione dodicesimale del giorno. Alcuni popoli contavano le ore consecutivamente dall'una alle ventiquattro. Altri hanno diviso il giorno in due serie di dodici ora ciascuna. Può forse essere un legittimo soggetto di dispiacere che il sistema del calcolo decimale che ha apportato tanta semplicità nella notazione e nella terminología aritmetica, non sia stato applicato a contare il tempo. Quando lo spirito di innovazione predominava in Francia, nel 1793, ne venne fatto il tentativo e si divise il giorno in dieci ore, l'ora in cento minuti, il minuto in cento secondi. La potenza dell'abitudine però, prevalse anche sotto il dominio del terrore ed il progetto cadde in maniera segnalata.

XI.

Le ore in cui è diviso il giorno in generale si ritengono eguali, ciascuna essendo la ventiquattresima parte dell'intero intervallo de-

nominato giorno. Pure anche qui si incontrano varie eccezioni. Per esempio, in un certo tempo in Grecia, si divideva l'intervallo tra l'aurora ed il tramonto in dodici parti eguali chiamati ore del giorno, e l'altro intervallo tra il tramonto e l'aurora si divideva pure in dodici parti eguali denominate ore della notte. È evidente che le ore diurne non erano eguali alle notturne che agli equinozii e che dall'equinozio di primavera a quello d'autunno le ore diurne erano più lunghe delle notturne, e dall'equinozio d'autunno a quello di primavera queste erano più lunghe delle prime. Così le ore, sia diurne, sia notturne, erano soggette a continua variazione di lunghezza. Dal primo giorno d'inverno, o dal giorno più corto, al primo di estate, od al giorno più lungo, le ore diurne crescevano continuamente e le notturne continuamente scemavano di lunghezza; e dal primo giorno d'estate al primo d'inverno cresceva continuamente la lunghezza delle ore notturne e diminuiva quella delle diurne.

Un tal sistema non si poteva in nessun modo chiamare cronometrico perchè l'intervallo di tempo denominato ora era differente nelle differenti stagioni.

XII.

Difettoso come doveva essere per le bisogne della vita comune questo metodo di contare il tempo era affatto inammissibile nelle ricerche scientifiche; e Tolomeo, nelle sue osservazioni astronomiche, si vedeva sempre obbligato a tradurre le ore volgari in ore equinoziali, così chiamate senza dubbio, perchè non era che nel tempo degli equinozii che le ore diurne eguagliassero le notturne.

Quanto fosse imperfetta l'arte di misurare il tempo in allora si può farlo concepire dicendo che nelle osservazioni di Tolomeo, l'epoca indicata di un fenomeno astronomico non si trova mai distante dalla vera meno d'un quarto d'ora. Ora la si determina nelle buone osservazioni con un approssimazione di meno di un decimo di secondo.

XIII.

Per i bisogni cronometrici non basta lo stabilire il valore dell'unità di misura fondamentale. Bisogna pure stabilire una convenzione circa al momento in cui comincia una di queste unità e termina la precedente. In una parola, bisogna convenire sul punto di partenza di ciascuna unità cronometrica: e questo, come si vedrà, è un

soggetto su cui regnò molta discrepanza, talchè il riuscirvi, con tutti gli ajuti forniti dallo stato avanzato della scienza astronomica, fu affare di somma difficoltà e delicatezza.

Gli Ebrei, gli antichi Ateniesi, i Chinesi ed altre nazioni Orientali nonchè gli Italiani, fissarono il cominciamento del giorno al tramonto. Presso gli Italiani, il giorno si divideva in ventiquattro ore consecutive che si contavano da un tramonto all'altro. Così ad un ora prima del tramonto si diceva che erano le ventritre, e due ore prima del tramonto che erano le ventidue e va dicendo.

In questo sistema l'ora dell'aurora varia da un giorno all'altro e da una stagione all'altra, ma l'ora del tramonto è costante essendo alle ventiquattro ore od a zero ore. Agli equinozii il sole nasce a dodici ore. Dall'equinozio di primavera a quello d'autunno esso nasce prima delle dodici, dall'equinozio d'autunno a quello di primavera, dopo le dodici.

È evidente che per indicare il tempo in questo modo bisogna che l'orologio sia regolato di giorno in giorno od almeno di settimana in settimana, perchè l'ora del tramonto ritarda continuamente per un semestre ed anticipa continuamente durante l'altro.

XIV.

In alcuni luoghi in Italia, specialmente a Roma, vi sono degli orologi pubblici regolati dietro questo sistema, con un altro vicino, secondo il sistema comune, e le indicazioni del primo si dicono *Tempo all' Italiana,* quella dell' altra *Tempo alla Francese.*

Si cercò di difendere il sistema del tempo all'Italiana fondandosi sulla comodità che offre di dir sempre l'ora del tramonto mostrando così a chi viaggia ed a chi è occupato fuori delle porte il tempo che resta a sua disposizione prima che sopravvenga la notte. Malgrado questa comodità si deve per altro riflettere alla continua necessità di regolare di giorno in giorno tutti gli orologi — operazione che si indica in Italiano colla frase: *Toccare il tempo.* Questo sistema presenta poi altri inconvenienti ovvii, come per esempio il continuo variare delle ore dei pasti, dell'ore di coricarsi e di alzarsi, d'ogni genere di lavoro regolare, delle ore in cui si aprono e si chiudono i pubblici ufficii, si cominciano e si finiscono i pubblici negozii, ecc. Pure tanta è la forza di un abitudine invalsa, che questo metodo di contare il tempo dura ancora in molta parte della penisola Italiana.

I Babilonesi, i Sirii, i Persiani, i Greci moderni e gli abitanti delle Isole Baleari, segnano il principio del giorno al momento del sorgere del sole.

XV.

Sia che il principio del giorno si stabilisce al nascere od al tramontare del sole, gli inconvenienti annotati devono sempre incontrarsi in siffatti metodi di contare il tempo: ai quali si può aggiungere che di fenomeni diurni non ve n'è altro la cui osservazione presenti tanta incertezza e tanto pericolo d'errore come il sorgere e il tramontare del sole.

XVI.

Gli Inglesi, i Francesi, i Tedeschi e in generale i moderni in tutte le parti più civilizzate del globo, cominciano il giorno a mezzanotte, e lo dividono in due serie eguali di dodici ore, cosicchè il mezzogiorno e a dodici ore come la mezzanotte. In questo sistema di computare il tempo, nell'enunciare un ora è necessario che se ne indichi la relazione rispetto al mezzodì. Le ore prima di mezzogiorno si indicano colle lettere A. M. e quelle dopo mezzogiorno colle lettere P. M. che sono le iniziali delle parole latine *ante meridiem* (prima di mezzogiorno), e *post meridiem* (dopo mezzogiorno).

Fra gli antichi astronomi che hanno adottato questo metodo, si può citare Ipparco che fioriva quasi cento cinquant'anni prima dell'era nostra, e fra i moderni Copernico.

Gli antichi Egizii cominciavano il giorno a mezzodì, e in ciò furono seguiti da Tolomeo celebre astronomo che fiorì ad Alessandria nel secondo secolo dell'era nostra. Quest'epoca diurna fu adottata di comune consentimento dagli astronomi moderni, i quali dividono il giorno in ventiquattro ore successive contate da un mezzogiorno all'altro. Così, in questa maniera di contare, dieci ore, venti minuti e mezzo dal mattino corrispondono a $22^{o}\ 20^{m}\ 30^{s}$.

XVII.

Il tempo civile o comune è dunque in avanti di mezzo un giorno del tempo astronomico, circostanza a cui si deve attentamente badare nel confrontare delle date espresse in queste due maniere di contare il tempo.

Così per esempio, il primo giorno dell'anno 1854, secondo il tempo civile, cominciò nel momento di mezza notte fra il 31 Dicembre 1853 ed il 1° Gennajo 1854; ma secondo il tempo astronomico cominciò invece a mezzogiorno del 1° Gennajo 1854, per cui le dodici ore precedenti il mezzodì del 1° Gennajo 1854, secondo il tempo astronomico, erano le ultime dodici ore dell'anno 1853.

Similmente una cert'ora del mattino, le 5 A. M. di un giorno (Martedì, per esempio), secondo il tempo civile, corrispondono a $17^{o}\ 0^{m}\ 0^{s}$ del giorno precedente (Lunedì) secondo il tempo astronomico. Però da mezzogiorno a mezzanotte di qualunque giorno la data civile e l'astronomica sono esattamente d'accordo.

3.° — *Il Giorno.*

XVIII.

Adottato dunque di comune accordo, anzi per la forza delle circostanze, il giorno come unità fondamentale nelle misure del tempo, ed esprimendosi in multipli del medesimo gli intervalli più lunghi e colle sue suddivisioni frazionarie i minori intervalli, è sopra tutto indispensabile di intenderne con perfetta chiarezza e di assegnare colla più rigorosa precisione la lunghezza assoluta. Come tutti i tipi di misura, è necessario che abbia una lunghezza invariabile e che questa lunghezza si possa, quando si voglia, verificare confrontandola con qualche fenomeno naturale osservabile in ogni tempo e in ogni luogo, ed invariabile per un illimitata sucessione di età, passate e future.

XIX.

Si potrebbe credere che una così estrema precisione ed immutabilità non siano necessari, e che per i bisogni della pratica non importi che l'unità fondamentale differisca dall'esattezza di qualche piccolissima frazione. Se l'unità, qualunque ella sia, non verrà adoperata a misurare che delle quantità che ne siano multipli non troppo grandi, si potrà ammettere questo. Ma va altrimenti la cosa, quando quell'unità, non sia che una piccolissima frazione della quantità che è destinata a misurare. Un errore della diecimillesima parte d'un pollice sopra un piede, non importa nulla affatto, finchè non si tratti che della misura di brevi spazii — come, per esempio, della lunghezza d'una stanza. Ma se si vuol adoperare il piede a misurare

distanze maggiori, il piccolo errore seguitò a moltiplicarsi finchè diviene così grande da viziare assolutamente i risultati. L'errore d'un diecimillesimo di pollice sopra un piede diventa un errore di più di un pollice sopra due miglia; di più di un piede su ventiquattro miglia, di più di un miglio su 120000 miglia e così via.

Se nella misura delle distanze si ponno commettere gravi errori per l'indefinito crescere, col moltiplicarsi e coll'accumularsi, delle piccole inesattezze dell'unità di misura, molto più ciò deve avvenire nelle misure del tempo, perchè questi errori, anche di pochissima entità, accumulandosi coi secoli, rivolgerebbero in completa confusione non solo l'astronomia, ma anche la storia e la cronologia. Di qui s'intenderà quanto importi, sotto molti punti di vista, che si abbiano nozioni chiare, distinte e proprie del valore di queste voci — giorno, settimana, mese ed anno — che costituiscono la nomenclatura cronometrica.

XX.

Che cosa è il giorno, unità fondamentale di tempo? In maniera affatto volgare e generale lo abbiamo definito come l'intervallo di tempo che trascorre tra due ritorni successivi del sole ad uno stesso punto del firmamento. Ma per osservare e determinare colla necessaria precisione questo intervallo, bisogna che si abbia qualche mezzo di individuare un certo punto del firmamento: e dopo averlo precisato di osservare il momento esatto in cui vi arriva il sole. Ma il sole, non essendo un semplice punto, bensì uno spazio circolare o *disco,* come lo si chiama, di notevole grandezza apparente, copre una certa parte di cielo ed i suoi differenti punti arrivano in differenti istanti ad un dato punto del firmamento: per cui quando parliamo del momento in cui il sole passa per un dato punto del cielo, le nostre parole non hanno un senso preciso se non specifichiamo il punto del disco solare, a cui è diretta la nostra osservazione. Il punto in questione è naturalmente il centro del disco, e sono i suoi successivi ritorni ad una certa posizione del cielo che si devono osservare. Il luogo del cielo per tutti i riguardi più conveniente per osservarvi i ritorni del sole, è il punto più elevato a cui esso arriva nel suo corso diurno traverso il cielo. Ma perchè meglio si concepiscano questa posizione del centro del sole ed i mezzi di osservarla, è necessario che si consideri sotto un punto di vista più generale, il moto diurno apparente dei cieli.

XXI.

Figuriamoci un osservatore ritto, che volga il tergo a nord e lo sguardo al sud, per cui avrà l'est a sinistra e l'ovest a destra, se il firmamento sarà affatto sgombro di nubi per un giorno ed una notte, gli si presenterà quello spettacolo rimarchevole, la cui imponente grandiosità eccita la nostra ammirazione ogni qualvolta l'osserviamo, malgrado la famigliarità contratta per la sua incessante presenza.

La volta celeste offre l'aspetto d'un ampia sfera cava, di cui in un dato istante non ci si presenta allo sguardo che una sola metà, e l'emisfero visibile ha per base il piano dell'orizzonte, col centro nel luogo da noi occupato. La sfera cava sembra che ruoti intorno ad un certo diametro come asse e che nel rivolgersi trasporti seco gli innumerevoli oggetti, stelle, pianeti, sole e luna, che appajono in varie posizioni sulla sua stupenda superficie concava. A chi stia nella posizione anzi descritta sembra che la sfera giri da sinistra a destra sopra un asse inclinato all'orizzonte situato, in un piano verticale e diretto da nord a sud. Questo moto apparente fa sì che gli oggetti sorgano successivamente a sinistra: cioè all'est, e a poco a poco si alzino fino al piano verticale diretto da nord a sud, e dopo averlo oltrepassato, discendano alla sinistra, cioè all'ovest e scompajano infine sotto l'orizzonte.

XXII.

Questo moto diurno della sfera celeste è caratterizzato dall'uniformità e dalla costanza più rigorosa ed assoluta. Non si accelera mai, nè mai si rallenta, nè mai s'arresta. Continua così da tempo immemorabile e secondo tutte le apparenze, per le leggi naturali a cui è soggetto, continuerà così fino che durerà il mondo.

XXIII.

Tanta costanza ed uniformità, in un col fatto che è generalmente osservabile, renderebbe opportunissimo questo movimento apparente come misura del tempo. Tuttavia, come si vedrà adesso, vi sono altre circostanze che lo rendono assai disadatto a questo scopo.

XXIV.

Il piano verticale diretto da nord a sud, di cui si è discorso, supposto che si estenda all'insù fino al firmamento, segherà l'emisfero visibile lungo una semicirconferenza che passando per lo zenit, cioè per il punto della volta celeste che si trova direttamente sopra l'osservatore, discenderà all'orizzonte nei punti nord e sud. Questa semicirconferenza chiamasi il *Meridiano*. Essa divide l'emisfero visibile in due parti eguali l'orientale a sinistra dell'osservatore e l'occidentale alla sua destra. Per la rotazione diurna della sfera celeste, tutti gli oggetti che vi si trovano, sorgendo all'est, salgono al meridiano dove toccano la massima altezza, poi discendono verso l'ovest e scompajono. L'intervallo durante il quale ciascuno d'essi è visibile, è diviso in due parti eguali dal meridiano, poichè il tempo che passa tra il momento in cui sorge e quello in cui passa al meridiano, giungendo alla massima altezza, è eguale al tempo che trascorre da questo a quello in cui scompare.

Il moto del cielo si osserva assai meglio di notte che di giorno, perchè allora è distribuito sopra un gran numero di oggetti che occupano posizioni infinitamente varie sulla volta celeste. Ad ogni istante in numero sterminato, sorgono, o ascendono al meridiano, o vi passano, o ne discendono, o tramontano. Sebbene durante il giorno non siano meno numerosi gli oggetti nel firmamento, allora non vi si vedono per lo splendore soverchiante del sole. Si possono però vedere anche allora con telescopi abbastanza potenti e presentano esattamente lo stesso moto apparente, partecipando al moto comune rotatorio della sfera celeste.

XXV.

Il sole, come il resto, partecipa a questo moto diurno e la sua permanenza sopra l'orizzonte è divisa in due parti eguali dal meridiano. Da ciò si vede che quando il suo centro sarà sul meridiano sarà mezzogiorno, e che in quel momento esso avrà la massima elevazione.

Ora questo momento essendo l'epoca su cui si basa l'unità di tempo fondamentale, riesce della massima importanza che si capiscano i mezzi inventati per osservarlo accuratamente. Se il meridiano fosse tracciato in cielo da una linea visibile, nulla sarebbe più facile che l'osservare il momento in cui viene attraversato da qualunque oggetto

celeste. Ma ciò non essendo, si domanda in che modo si potrà assegnare, colla precisione necessaria all'uopo il momento in cui il centro del sole passa per una linea che non è che imaginaria.

XXVI.

Gli astronomi vi riescirono mediante uno strumento assai semplice ed ingegnoso. Con questo l'osservatore può segnare da sè stesso il meridiano sul firmamento con tanta certezza e precisione da determinare colla sola osservazione diretta il momento in cui vi passa qualunque oggetto celeste, commettendo un errore non più grande d'una piccola frazione di un secondo.

Una delle forme dell'istrumento, di più facile intelligenza, è rappresentata nella fig. 1. (p. 413). Siccome si chiama *passaggio* il passare d'un oggetto celeste al meridiano, così gli strumenti destinati a precisare il momento in cui ciò avviene, diconsi *Strumenti dei passaggi.* La forma particolare mostrata dalla fig. 1. si chiama *Cerchio dei passaggi.*

Lo strumento è montato su due pilastri AC e BD, costrutti solidamente di pietra, e che si ergono sopra un fondo in muratura il quale presenta tutte le condizioni necessarie per garantire la massima stabilità e solidità. I pilastri stanno nella direzione da est ad ovest per cui lo spazio framezzo a loro guarda da nord a sud. Un telescopio EF è sostenuto da un asse orizzontale AB i perni del quale riposano in cuscinetti foggiati ad angolo, denominati Y dalla loro forma e che sono stabiliti alle sommità dei due pilastri di pietra. I cuscinetti essendo esattamente orizzontali, per opportune disposizioni, e la retta che li unisce essendo esattamente diretta da est ad ovest, il telescopio quando sarà orizzontale sarà appuntato esattamente a nord e a sud, e facendolo ruotare sul suo asse in modo di volgerlo successivamente a differenti punti del firmamento, trascorrerà sul meridiano celeste.

Al telescopio è attaccato un cerchio graduato che consiste in due orli piani di metallo uniti invariabilmente insieme da un sistema di raggi e di traverse diagonali. Con questo cerchio si può misurare direttamente l'ascensione retta od elevazione di qualunque oggetto a cui si diriga il telescopio: ma questo non entrando nel nostro argomento, non occorre che vi ci fermiamo oltre. Quello che è necessario che si capisca è che ruotando il telescopio intorno al suo asse lo si dirige successivamente a tutti i punti del meridiano.

Guardando nel telescopio si osserva in cielo uno spazio circolare d'una certa grandezza. Questo spazio si chiama *Campo della visione.*

Il meridiano è nella direzione della retta che passa verticalmente per il centro di questo spazio circolare, e lo divide in due parti eguali l'una di destra e l'altra di sinistra. Gli oggetti celesti, trasportati dal moto diurno della sfera, passano da oriente ad occidente traverso il meridiano, movendosi in direzione apparentemente orizzontale. Essi, dunque, entrando in qualunque posizione del telescopio, nei limiti del campo di visione sembra che lo trascorrano in linee orizzontali, e quando l'osservatore possegga i mezzi di assegnare il momento in cui uno di quelli oggetti è precisamente a metà cammino fra il punto dove entra nel campo di visione e quello in cui ne esce, saprà il momento in cui è passato al meridiano.

Questi mezzi sono forniti da una disposizione semplice ed ingegnosa. Nel tubo dell'oculare del telescopio è fermata una piccola intelajatura traverso cui stendonsi verticalmente cinque o sette fili metallici o filamenti sottili, separati l'uno dall'altro da eguali intervalli, dei quali quello di mezzo passa per il mezzo del campo di visione, e vi è un altro filo orizzontale che passa pure per il centro del campo e divide perciò in due parti eguali i fili verticali.

Il campo di visione ed il sistema di fili si vedono nella fig. 2 (p. 432) in cui EO è il filo orizzontale ed NS il filo verticale di mezzo. È bene osservare che questi fili sono d'una sottigliezza così estrema che anche quando sono ingranditi dall'oculare d'un telescopio non sembrano più grossi d'un capello. Il numero dei fili verticali è sempre dispari, per cui uno di essi passa sempre necessariamente per il centro. L'istrumento rappresentato nella fig. 1 è provvisto di congegni per cui si può far coincidere colla massima precisione il filo medio NS col meridiano.

Il telescopio amplifica i moti apparenti degli oggetti come le loro grandezze apparenti. Aumenta i primi nella stessa proporzione delle seconde. In conseguenza di ciò, il movimento diurno apparente degli oggetti celesti, il quale non riesce sensibile all'occhio nudo più di quello della lancetta d'un orologio, veduto nel telescopio, si percepisce assai distintamente. Le stelle somigliano a tanti insetti luminosi che striscino con velocità sensibile traverso il campo in direzioni orizzontali e passino successivamente dietro ciascuno dei fili verticali paralleli.

XXVII.

Il moto apparente degli oggetti celesti traverso il campo del telescopio è così rapido, che una stella passa da una parte all'altra dei

fili verticali fra due battute consecutive d'un orologio. La si vede cioè in o, fig. 2, nel momento segnato da una di queste battute ed in o' nel momento segnato dalla seguente. Gli osservatori provetti sanno determinare con un errore più piccolo d'un decimo di secondo ed anche meno, l'istante del suo passaggio dietro i fili. Se, per esempio, il momento che è in o, fosse $10^{o}20^{m}20^{s}$ e quello in cui è in o' fosse $10^{o}20^{m}21^{s}$ l'osservatore potrà dire che l'istante in cui è passata dietro il filo N S è più di $10^{o}20^{m}21^{s},4$ e meno di $10^{o}20^{m}21^{s},5$, e può determinare quell'istante a $10^{o}20^{m}21^{s},45$. I varii osservatori acquistano, secondo le rispettive attitudini, differenti gradi di abilità in queste osservazioni; ma in ogni caso, i risultati delle loro osservazioni si ponno cimentare paragonando quelli ottenuti da due o più di loro che abbiano osservato uno stesso passaggio nel medesimo luogo.

XXVIII.

Osservando per due o più notti consecutive il passaggio di una data stella si può determinare l'intervallo che scorre fra due successivi passaggi. Ora si è trovato che quest'intervallo è assolutamente invariabile non solo per tutte le stelle, ma anche qualunque sia il luogo della terra dove è fatta l'osservazione. Confrontando i risultati delle osservazioni antiche e moderne si è scoperto inoltre che il detto intervallo non ha mai subita la minima variazione.

È notissimo che la rotazione diurna apparente de' cieli la quale imprime un moto comune a tutti gli oggetti celesti, è l'illusione ottica prodotta dalla rotazione della terra sul suo asse, per cui il tempo di questa rivoluzione è anche quello che scorre fra due successivi passaggi al meridiano di qualunque stella fissa.

La costante immutabilità di questo moto e la sua uniformità assoluta sono tali, che Laplace, indipendentemente da qualunque teoria, dimostrò come verità di fatto che il tempo di una rivoluzione apparente del cielo non può avere variato di un centesimo di secondo, dal tempo di Ipparco a noi, cioè in un periodo di venti secoli.

Quest'intervallo chiamasi *Giorno Sidereo.*

Il giorno sidereo si suddivide in ore, minuti e secondi nel modo anzi esposto.

Supposta divisa in 360° la circonferenza della sfera celeste, descritta nel suo giro di 24 ore, ne segue che essa ruota di 15° all'ora, di 15′ per minuto, e di 15″ per secondo.

È da lamentarsi che i vocaboli minuti e secondi siano stati usati

in due sensi differenti, e più specialmente per ciò che il loro uso in ambo i sensi è continuamente necessario in tutte le opere di astronomia. Applicate agli archi di cerchio o alla misura degli angoli la parola *minuto* significa la sessantesima parte d'un grado, e la parola *secondo* la sessantesima parte d'un minuto. Applicate al tempo, la parola *minuto* indica la sessantesima parte d'un ora, e la parola *secondo* la sessantesima parte d'un minuto.

Alla confusione che potrebbe nascere nei calcoli dove siano implicate misure tanto di angoli che di tempo, è ovviato coll'adottare le lettere ^{m} ed ^{s} ad esprimere i minuti ed i secondi di tempo e gli apici $'$ e $''$ ad esprimere i minuti e secondi angolari. Così - $8^{o}30^{m}25{,}6^{s}$ esprime un intervallo di otto ore, 30 minuti, 25 secondi e sei decimi di secondo, mentre $8^{o}30'25{,}6''$ indica un angolo od un arco circolare la cui ampiezza sia di otto gradi, 30 minuti, 25 secondi e sei decimi di secondo.

XXIX.

L'uniformità e la costanza assoluta che caratterizzano il moto diurno dei cieli, in un col fatto che lo si può osservare in qualunque parte della terra, lo renderebbero eminentemente acconcio alla misura del tempo. Gli manca però una condizione altrettanto essenziale ai bisogni della vita civile, quanto l'uniformità e la costanza. Non è marcato nè limitato da qualche fenomeno cospicuo che colpisca i sensi di chiunque. Non corrisponde al periodico ritornare della luce e delle tenebre nè ai successivi ritorni del sole al meridiano. Non è nemmeno in coincidenza coi rimarchevolissimi fenomeni lunari; per cui, sebbene sia verissimo che lo si possa osservare egualmente in qualunque parte del globo, i fenomeni che lo fanno distinguere non si ponno osservare che coll'ajuto di strumenti astronomici e non sono alla portata popolare.

XXX.

Per avere una misura del tempo appropriata alle bisogna civili, fa duopo che se ne trovi una che sia in tale coincidenza colle vicende periodiche di luce e di oscurità e coi successivi passaggi del sole al meridiano, che l'unità cronometrica corrisponda sia esattamente sia con sufficiente approssimazione per tutti i bisogni della pratica con quelle apparenze diurne che in tutte le età e in tutte le epoche servirono a dividere il tempo.

E perchè, si potrebbe domandare a ragione, non sarebbero a ciò convenienti i successivi ritorni del sole al meridiano?

Si può rispondere semplicemente ma nettamente che i fenomeni solari diurni, quali realmente si manifestano in cielo, non soddisfano come misura di tempo neanche per gli usi civili per tacere dei scientifici. Il dire benchè siano disadatti e qual cosa vi si sia sostituito, richiede qualche parola di spiegazione.

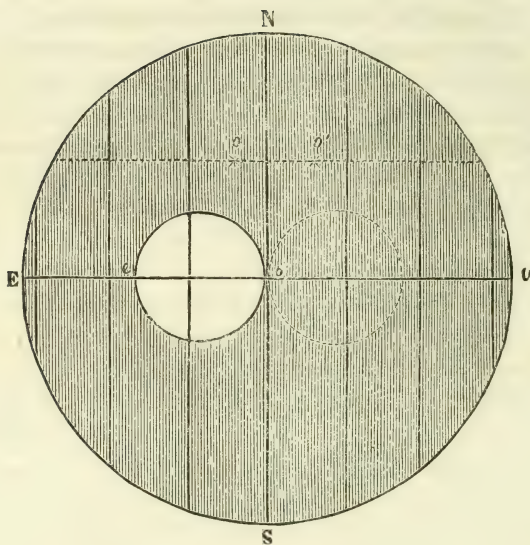



Fig. 2.

Capitolo secondo.

XXXI. Come si osservino i passaggi del sole. — XXXII. L'intervallo fra i medesimi è variabile. — XXXIII. Tempo medio ed apparente. -- XXXIV. Variazioni relative del tempo medio e dell'apparente. -- XXXV. Giorni in cui coincidono. -- XXXVI. Equazione del tempo. -- XXXVII. Continua la spiegazione. -- XXXVIII. Suoi limiti d'errore. -- XXXIX. Tempo medio adottato in Francia. -- XL. Il tempo apparente è disattato. -- XLI. Il tempo locale varia secondo la longitudine. -- XLII. Proposta di eguagliare il tempo locale. -- XLIII. Come si regolino gli orologi. -- XLIV. Ore solari medie, minuti e secondi. -- XLV. Lunghezza del giorno Sidereo. -- XLVI. La settimana. -- XLVII. Opinioni circa la sua origine. -- XLVIII. Entrambe queste opinioni sono erronee. -- XLIX. Origine dei nomi dei giorni. -- L. Primo giorno della settimana. -- LI. Il mese.

XXXI.

Siccome il sole presenta all'osservatore non un semplice punto brillante, come avviene delle stelle fisse, ma uno spazio luminoso circolare chiamato *Disco*, di grandezza considerabile, le varie parti del quale passano al meridiano in differenti istanti, è necessario che si definisca con maggior precisione che cosa s'intenda per passaggio del sole al meridiano, e che si indichi con qual sorta d'osservazione si possa determinare il momento del detto passaggio.

Si convenne che per passaggio del sole al meridiano si debba intendere quello del centro del suo disco. Ma siccome questo centro non è marcato da un punto visibile ed osservabile, che possa essere distinto dagli altri punti del disco solare non si può osservarne direttamente il passaggio.

La difficoltà dipendente da questa circostanza fu superata con un semplicissimo espediente.

Quando il disco solare entra nel campo della visione dal lato orientale si accosta gradatamente al filo NS corrispondente al meridiano, ed al fine lo tocca, come indica la fig. 2, col margine occidentale O. Il momento di questo contatto si osserva nella maniera già esposta per il caso d'una stella. Il disco solare continua a trascorrere il campo della visione fino a prendere la posizione indicata dalla circonferenza punteggiata e col lembo orientale tocca il filo medio NS. Osservato anche il momento in cui ciò avviene, e prendendo la metà dell' intervallo, si ha l' istante in cui il centro del disco passa al meridiano (1).

XXXII.

Se il sole fosse immobile nel firmamento è evidente che l' intervallo tra due suoi passaggi successivi al meridiano sarebbe eguale a quello di due passaggi successivi d'una stella fissa e che allora il *giorno solare* sarebbe identico al *giorno sidereo.* Ma è notissimo che il sole non è fermo. Al contrario, si muove di continuo nel firmamento compiendo un intero circuito del cielo in un anno. Se questo moto fosse uniforme, lo spostamento quotidiano del sole sarebbe di 0°59'8,2".

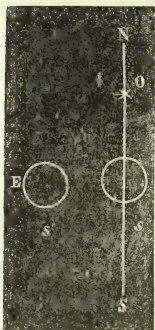
Consideriamo ora l' effetto di questo spostamento, che ha sempre luogo verso l' est, sull' intervallo fra i passaggi consecutivi del sole, in confronto di quelli d'una stella la quale non subisce spostamento.

Rappresentino S, fig. 3, il sole nel momento in cui il suo centro è sul meridiano NS in un dato giorno, ed *o* una stella fissa che si trovi sul meridiano nel medesimo istante. Dopo ventiquattr'ore sideree la stella *o*, sarà di nuovo sul meridiano NS; ma durante queste ventiquattr'ore, il sole si troverà trasportato verso E, cioè verso

(1) La fig. 2 rappresenta il moto degli oggetti celesti e le loro posizioni quali sembrerebbero ad occhio nudo o con un canocchiale terrestre. Tutti gli oggetti si vedono capovolti ed invertiti nel canocchiale astronomico, cioè si vedono gli oggetti più alti in basso, quelli orientali ad occidente e viceversa: nel caso presente parve meglio di rappresentare i punti ed i moti come si vedono naturalmente.

l'est, nella posizione s', tale che la distanza s' sia di 0°59'8,2''. Il sole dunque allora non sarà giunto ancora al meridiano, e non vi

Fig. 3.

arriverà se non dopo che il moto diurno del firmamento lo avrà portato innanzi di 0°59'8,2''. Ora siccome il firmamento si muove colla velocità di 15' di grado per ogni minuto di tempo, impiegherà 3ᵐ56ˢ a portare il sole da s' al meridiano. Segue da ciò, che se il sole si trasportasse giornalmente di 0°59'8,2'' verso oriente in direzione perpendicolare al meridiano, il giorno solare supererebbe il giorno sidereo di 3ᵐ56ˢ.

Se quindi il moto diurno del sole verso oriente, misurato nella direzione perpendicolare al meridiano, fosse uniforme, gli intervalli tra i suoi passaggi consecutivi presenterebbero tutti i requisiti di una unità cronometrica, ed il giorno solare, sebbene non di lunghezza eguale al giorno sidereo, sarebbe però di lunghezza invariabile, e sarebbe inoltre in coincidenza con quelle vicende periodiche di luce e di tenebra di cui l'umanità si è valsa unanimamente in tutte le età ed in tutti i paesi, per misurare il tempo.

Ma il giorno solare invece difetta di questa condizione essenziale: non è di lunghezza invariabile. Le sue variazioni, sebbene non grandi, bastano però a renderlo disadatto come unità di tempo anche per gli usi civili, per tacere dei scientifici. Non è possibile costruire un orologio che vada sempre d'accordo col sole. Se in un'epoca dell'anno corrisponderà coi suoi passaggi al meridiano, in un'altra li anticiperà o ne sarà in ritardo.

Le variazioni di valore dello spostamento diurno del sole verso l'est, perpendicolarmente al meridiano, dipendono da parecchie cause. *In primo luogo* la velocità con cui il sole si muove nel firmamento è variabile. Mentre lo spostamento diurno medio è di 0°59'8,2'', come si è detto, al principio dell'anno ascende ad 1°1'9,9'' ed a metà dell'anno non è che di 0°57'11,5''. Sebbene qui non ci interessi direttamente la causa di queste variazioni, si può benissimo osservare che dipende dal fatto che la terra non gira intorno al sole descrivendo un'esatta circonferenza di cerchio, avente il centro nel sole, come dovrebbe fare se il suo movimento fosse uniforme, ma un ovale nella quale il sole trovasi più vicino ad un'estremità che all'altra, e che la velocità del moto cresce al diminuire della distanza del sole. *In secondo luogo*, il moto del sole non avviene generalmente ad angoli retti col meridiano, ma gli è più o meno obliquo nelle varie stagioni, e quanto più gli è obliquo tanto meno uno

stesso spostamento può influire sul suo moto ad est in direzione perpendicolare al meridiano. *In terzo luogo*, il sole nelle differenti stagioni è a differenti distanze dall' equatore celeste, e quanto più ne è lontano, tanto maggiore è l' effetto d' uno stesso spostamento sul suo ritorno al meridiano, precisamente per quella stessa ragione per cui due luoghi della terra ad una stessa distanza misurata nella direzione da est ad ovest l' una dall' altra, hanno una differenza di longitudine tanto maggiore quanto più sono lontani dalla linea.

XXXIII.

Vedendo dunque che l' intervallo fra i successivi passaggi del sole al meridiano è variabile e non è perciò adatto come unità cronometrica, mentre invece lo sarebbe se lo spostamento quotidiano del sole verso oriente fosse sempre lo stesso, gli astronomi immaginarono un espediente che, senza sacrificare i vantaggi della corrispondenza colle vicende periodiche di luce e di tenebra, assicura quelli della perfetta uniformità alla lunghezza dell' unità cronometrica.

Esso consiste nel sostituire al reale un sole fittizio, il cui moto diurno verso l' est sia sempre lo stesso, ed eguale esattamente al moto diurno medio del sole reale, cioè a 0°59'8,2''. Il tempo, indicato da questo sole fittizio, si chiama *Tempo medio*, il momento in cui il suo centro passerebbe al meridiano *Mezzogiorno medio*, ed anche il sole fittizio qualche volta si denomina *Sole medio*.

Il tempo variabile e non opportuno come misura, indicato dal moto del sole reale chiamasi *Tempo apparente*, e il momento del passaggio del sole reale al meridiano dicesi *Mezzodì apparente*.

XXXIV.

Da quanto si è detto finora, si capisce facilmente che il sole medio ed il reale compiono il giro del cielo esattamente nello stesso tempo, cioè in un anno; per cui, partendo assieme da uno stesso punto, ritornano insieme in quel punto nell' istante in cui termina l'anno; ma, mentre lo spostamento diurno verso oriente è per l'uno sempre assolutamente lo stesso, cioè 0°59'8,2'', per l'altro è variabile e tal volta è maggiore, tal altra è minore ed in certe epoche è eguale a 0°59'8,2''.

Per schiarire meglio i cambiamenti di posizione relativa dei due soli, immaginiamo che sopra due ferrovie parallele partano nello stesso istante due convogli uno a fianco dell' altro, e facciano una gita di

andata e ritorno da Londra a Liverpool, in modo che arrivino indietro, a Londra, precisamente nel medesimo istante; ma la velocità del primo sia uniforme per tutto il viaggio e per esempio sia di trenta miglia all' ora, mentre quella dell' altra sia variabile, rallentandosi nel salire le pendenze e accelerandosi nel discenderne. Questo convoglio in certi momenti sorpasserà il primo, in altri ne sarà indietro, ed in certi altri i due convogli si troveranno per un momento in pari l'uno all'altro. Il convoglio a velocità variabile può rappresentare il sole reale, l'altro il fittizio o sole medio.

Nel caso supposto, in tutta la gita i due convogli non si troverebbero mai troppo distanti fra di loro, e così nemmeno i due soli non sono mai separati da una grande distanza. Se non fosse così l'espediente del sole fittizio, come misura di tempo per gli usi civili, fallirebbe, perchè allora il giorno civile sarebbe in manifesto disaccordo col giorno reale.

XXXV.

I giorni dell'anno in cui il sole vero ed il fittizio si trovano nello stesso luogo, e in cui concordano il tempo medio e l'apparente, soggiacciono ad una leggierissima variazione; prendiamo il caso dell'anno 1855 in cui questa coincidenza ebbe luogo nei giorni 15 aprile, 15 giugno, 1 settembre e 24 dicembre.

Per tracciare le posizioni relative del sole medio e del sole reale osserviamo che il 15 di aprile si trovarono assieme o quasi assieme sul meridiano. Il giorno dopo il sole medio passò ad est del sole reale, cosicchè questo arrivò per il primo al meridiano, e quando vi giunse l'altro, cioè a mezzogiorno medio, il sole reale era passato ad occidente del meridiano. In ciascuno dei giorni seguenti il sole reale si trovò sempre più ad occidente del sole medio ed il mezzogiorno apparente precedette il mezzogiorno medio di un intervallo continuamente crescente. Così, nel 16 aprile, il mezzodì apparente precedette il medio di 8^s, nel 17 lo precedette di $22^s,4$, nel 18 di $36^s,4$ nel 19 di 50^s, e così via; l'intervallo seguitò a crescere fino al 15 maggio, nel qual giorno il mezzodì apparente precedette l'altro di $3^m 53^s,87$, e la distanza del sole reale ad occidente dal medio fu di 58 28′, cioè di quasi il doppio del diametro apparente del sole.

Dopo il 15 maggio il sole reale si trovò sempre meno ad occidente del medio, e i due soli continuarono ad avvicinarsi l'uno all'altro fino al 15 di giugno, in cui coincidettero ancora. Così dal 15 aprile al 15 giugno, il tempo apparente precedette il tempo medio

di una quantità che variò da 0^0 a $3^m 53,87^s$, e la distanza del sole reale ad occidente dal medio variò da 0^0 a $58'28''$.

Siccome il tempo corrispondente al sole medio è quello indicato da un orologio che vada bene, ne segue che in questo periodo il sole passò al meridiano prima delle dodici ore — fatto che si esprime volgarmente col dire che il sole *corre.*

XXXVI.

L'intervallo di tempo che passa fra i passaggi al meridiano del sole reale e del fittizio, ossia l'intervallo fra il mezzogiorno apparente, ed il mezzogiorno medio o civile, che è quello indicato da un buon orologio, si chiama l'*Equazione del Tempo.*

XXXVII.

Emerge dunque, da quanto si disse, che dal 15 aprile al 15 giugno, il tempo del mezzogiorno medio si può desumere dall'apparente sottraendo da questo l'equazione del tempo, e che invece il tempo del mezzogiorno apparente si può desumere da quello del medio aggiungendovi l'equazione del tempo.

Ma seguitiamo a tracciare le posizioni relative del sole vero e del medio. Dopo il 15 giugno il sole reale si trovò ad est del medio e in conseguenza non giunse al meridiano se non dopo che vi era passato questo, cioè dopo le dodici ore. Il 15 giugno il sole reale passò al meridiano $13,53^s$ dopo del medio, nel 17, dopo $26,43^s$, nel 18 dopo $39,42^s$, nel 19 dopo $52,44^s$ e così via, ritardando ogni giorno il passaggio dopo il mezzogiorno medio fino al 26 giugno in cui passò al meridiano $6^m 12,68^s$ dopo il sole medio. Da questo giorno, cominciò a passare al meridiano ad intervalli sempre più corti dopo il sole medio, diminuendo questi intervalli fino al 1.° di settembre nel quale il sole reale coincidette col medio.

Nel 26 giugno, essendo il mezzogiorno apparente ritardato di $6^m 12,68^s$ dopo il medio, il centro del sole reale dovette trovarsi all'est di quello del sole medio di $1°33',10,2''$, cioè di uno spazio quasi triplo del diametro apparente del sole.

Risulta quindi che dal 15 giugno al 1.° settembre il tempo apparente fu in ritardo rispetto al tempo medio o civile cioè che il sole passò al meridiano in epoche che variano da 0 a $0^o 6^m 12,68^s$ del pomeriggio. Questo fatto si esprime volgarmente dicendo che il sole *ritarda.*

Durante questo intervallo si sarebbe trovato il tempo apparente sottraendo dal tempo medio l'equazione del tempo, ed il tempo medio aggiungendo la stessa equazione al tempo apparente.

Dopo il 1.° di settembre il sole reale ripassò ad occidente dal medio e passò quindi al meridiano prima di lui.

Così il 2 di settembre il suo passaggio al meridiano avvenne a 19,68^s prima delle dodici ore; nel 3 a 38,77^s; nel 4 a 58,11^s; e così via, anticipando continuamente fino al 3 di di novembre in cui avvenne a 16^{m}18,51^s prima delle dodici ore che è il massimo valore dell'equazione del tempo, cioè la massima discrepanza tra il tempo solare e il tempo dell'orologio. Il sole in questo caso corse di 16^m 18,51^s.

XXXVIII.

Siccome il firmamento si muove colla velocità di quindici minuti di grado per ogni minuto di tempo, ne segue che a 16^{m}18,51^s prima del passaggio del sole al meridiano, esso doveva esserne separato da un intervallo di 4°4'37,65'', cioè di quasi otto volte il diametro apparente del sole.

Dal 3 novembre al 25 dicembre la distanza occidentale del sole reale dal medio diminuì di continuo fino a che coincidettero nel 25 dicembre.

Di qui risulta che dal 1.° settembre al 25 dicembre il sole corse d' un intervallo che varia da 0 a 16^{m}18,51^s.

Dopo il 25 dicembre il sole reale ripassò ancora ad est dal sole medio e quindi non arrivò al meridiano se non dopo questo, cioè qualche tempo dopo il mezzogiorno medio. Nel 26 dicembre passò al meridiano a 40,45^s; nel 27 ad 1^{m}10,15^s; nel 28 ad 1^{m}39,71^s dopo le dodici e così via, crescendo il ritardo del suo passaggio fino all'11 di febbrajo 1856 in cui passò al meridiano a 14^{m}32,36^s dopo le dodici. D'allora in poi il ritardo continuò a scemare fino al 15 di aprile in cui il sole reale coincidette ancora col medio.

Dal 25 dicembre al 15 aprile dunque il sole ritardò sempre e la sua deviazione dal tempo indicato dall'orologio giunse al massimo nell'11 febbrajo, quando fu di 14^{m}32,36^s. La distanza del sole vero dal medio corrispondente a questo intervallo, calcolata come dianzi, è di 3°58'5,4''; per cui nell'11 febbrajo il sole reale si trovava a questa distanza ad est del sole medio. Questa distanza è quasi sette volte il diametro del disco solare.

XXXIX.

Essendo variabile l' intervallo tra due passaggi successivi del sole, è evidente che non si può costruire nessun meccanismo che, senza essere regolato, segni ogni giorno da sè, le dodici ore nell' istante del mezzogiorno apparente. Perciò finchè, non venne adottato il tempo medio come misura cronometrica per gli usi civili, era necessario di regolare quotidianamente od almeno una volta la settimana tutti gli orologi pubblici e privati, secondo le variazioni dell' epoca del mezzogiorno apparente. Ciò si praticava fino alla recentissima epoca del 1816 in un paese di tanta civiltà qual' è la Francia. Prima d'allora si trovavano continuamente notevolissime discrepanze negli orologi pubblici di Parigi, pochi dei quali si regolavano con sufficiente frequenza, dietro l'osservazione del sole. M. Arago narra che il celebre astronomo francese Delambre asseriva di avere udito soventi volte gli orologi pubblici seguitare per una buona mezz' ora a battere, l'uno dopo l'altro, la stessa ora.

Quando si trattò di introdurre il cambiamento del tempo apparente nel medio negli orologi di Parigi, il prefetto della Senna (che così si chiama il capo della municipalità o podestà di Parigi) ebbe tale timore che scoppiasse un movimento insurrezionale nelle classi operaje (le quali si supponeva che si sarebbero rivoltate contro un mezzogiorno che non corrispondeva a quello del sole e che avrebbe perciò diviso in due parti diseguali il giorno dall' aurora al tramonto), che si rifiutò di firmare l'*ordinanza* per il detto cambiamento a meno che non fosse accompagnata da una relazione formale dell' Ufficio delle Longitudini per sanzionarla. Queste apprensioni si trovarono però mal fondate giacchè il cambiamento passò inosservato per la massima parte del popolo.

I fabbricatori di orologi si rallegrarono invece di un cambiamento che stabiliva una maniera di tempo civile per cui si potevano costruire meccanicamente degli orologi che vi concordassero. Questo cambiamento li liberava dalla noja delle rimostranze dei loro avventori, i quali si lagnavano che i migliori orologi avanzassero o ritardassero perfino d' un quarto d'ora ed anche più, in confronto al sole. Invano il celebre Breguet ed i suoi colleghi di arte, li assicuravano che era il sole e non l'orologio che correva o che ritardava.

XL.

Quanto poi quell' imperfetto sistema di regolamento cronometrico sarebbe stato incompatibile coi pubblici bisogni, nel loro stato attuale,

è facile concepirsi ove si rifletta alle disastrose conseguenze che deriverebbero sulle ferrovie se il partire, il fermarsi e l'arrivo dei convogli non fossero soggetti a maggior precisione cronometrica di quella che si poteva ottenere in quelle circostanze.

XLI.

Per quanto siano regolate esattamente le misure del tempo in un dato luogo, le loro indicazioni differiranno necessariamente dalle simili misure cronometriche di altri luoghi aventi longitudini differenti. Causa di questa differenza è l'arrivare successivamente del sole medio ai varii meridiani di questi luoghi. Per il moto diurno apparente del cielo, il sole, girando intorno al globo, arriva successivamente, d'ora in ora, ai meridiani dei luoghi situati all'occidente l'uno dell'altro, e siccome il sole, compie il suo giro intero in ventiquattr'ore, così passa da un meridiano all'altro colla velocità di 360° in ventiquattr'ore, o di 15° all'ora, o di 1° ogni quattro minuti. Così in due luoghi le cui longitudini differiscano di 1°, il tempo locale differirà di quattro minuti, cioè quello del luogo ad oriente anticiperà di quattro minuti sull'altro.

In conseguenza di ciò gli orologi delle varie città di un medesimo Stato indicano ore differenti in un medesimo istante di tempo assoluto. Per esempio Milano è circa 3° all'ovest di Venezia, e poichà 1° corrisponde a quattro minuti di tempo, ne segue che il sole passa al meridiano di Venezia dodici minuti prima che a quello di Milano, e siccome ciò succede anche del sole fittizio che regola il tempo civile, ne segue che il mezzogiorno medio di Venezia e quindi anche tutte le ore determinate in relazione al mezzogiorno medio precederanno di dodici minuti le ore corrispondenti di Milano.

XLII.

Si propose ultimamente di rendere uniformi le indicazioni cronometriche in tutte le parti del Regno Unito, mediante orologi che avessero un movimento comune, cosicchè le loro sfere dovessero segnare in uno stesso istante la medesima ora, comunque fossero distanti gli orologi. Questo moto comune si potrebbe imprimere mediante una corrente elettrica trasmessa lungo fili conduttori simili a quelli che si adoperano per i telegrafi elettrici. Per tal modo, si potrebbe fare che gli orologi di tutte le parti del Regno avessero ad indicare il tempo di Greenwich.

Se venisse adottata questa misura, il tempo civile subirebbe un altro cambiamento ed invece di essere il tempio medio proprio del luogo, sarebbe il tempo medio di Greenwich. Per esempio il tempo civile a Liverpool, vi differirebbe di dodici minuti dal tempo medio. E siccome il tempo medio in certe epoche differisce già dal tempo apparente di più d'un quarto d'ora, avverrebbe talvolta che il tempo civile differirebbe dal tempo apparente di quasi mezz'ora. Potrebbe darsi che il sole fosse sul meridiano di Liverpool, e che per conseguenza vi ricorresse il mezzogiorno vero, a circa undici ore e mezza.

Questa circostanza, che sembra così contradditoria ed irregolare, a considerarla dal lato astronomico, non presenta nessun inconveniente nel commercio della vita.

XLIII.

Inteso bene che cosa siano la lunghezza del giorno solare medio o civile, e la maniera di individuare il momento in cui comincia, resta a vedersi come si regoli il movimento d'un cronometro per corrispondervi.

Supponiamo che un orologio, il cui pendolo batta i secondi, sia regolato all'ingrosso in modo che la lancetta delle ore faccia due rivoluzioni complete in un giorno. Vi sono molti spedienti ovvii di ottenere facilmente questa approssimazione al movimento esatto, ed uno di questi è di porre le sfere sulle dodici ore quando il sole sembra arrivato alla massima altezza.

Regolato così con una certa approssimazione l'orologio, lo si ponga vicino ad uno stromento dei passaggi, come quello anzi descritto, e l'osservatore, mentre il sole si avvicina al meridiano, diriga il telescopio a quel punto del meridiano dove avrà luogo il passaggio. Quando il disco del sole entra nel campo di visione e si accosta al filo NS, fig 2, l'osservatore guardi sull'orologio osservandovi esattamente il tempo indicato, e da quel momento in avanti conti il tempo coll'orecchio, ascoltando le successive battute dell'orologio. Continuando così a contare, troverà che il margine occidentale del disco solare toccherà il filo NS ad un certo momento tra due battute successive, e colla pratica potrà assegnare il momento del contatto fra quelle due battute. Siccome il disco del sole impiega quasi due minuti a passare dietro al filo, egli avrà tempo sufficiente di scrivere il momento esatto del passaggio del lembo occidentale, e di tornare a guardare nel telescopio prima che l'orlo orientale ar-

rivi presso al filo. Osservando ancora il tempo indicato dall' orologio, e contando di poi le battute, potrà osservare in simil guisa il momento in cui il margine orientale toccherà il filo.

Supponiamo che gli istanti dei contatti siano stati i seguenti:

	Or.	M.	S.
Contato dell' orlo occidentale	12.	10.	$8 \frac{3}{10}$
Contatto dell' orlo orientale	12.	11.	$59 \frac{5}{10}$
	24.	22.	$7 \frac{8}{10}$
Passaggio del centro del sole	12.	11.	$3 \frac{9}{10}$

Come si è già detto, l'istante del passaggio del centro del sole si ottiene sommando quelli dei passaggi del lembo occidentale e dell'orientale e pigliando la metà della somma.

Si vede dunque che nel caso supposto l'istante segnato dall' orologio nel momento del mezzogiorno apparente è dodici ore, undici minuti, tre secondi e nove decimi di secondo.

Supponiamo ora che l' osservatore cercando sulla tavola l' equazione del tempo per quel giorno, trovi che il momento del mezzogiorno medio sia 3^m 32^s 1/10 prima di quello dell' apparente. Allora per determinare il tempo del mezzogiorno medio, dietro le indicazioni dell' orologio, dovrà eseguire questa operazione aritmetica:

	Or.	M.	S.
Dal mezzogiorno apparente . .	12.	11.	$3 \frac{9}{10}$
Sottraendo l' equazione del tempo		3.	$32 \frac{1}{10}$
	12.	7.	$31 \frac{8}{10}$

Risulta così che l'orologio avanza di 7^m 31^s e 8/10 di secondo.

Senza toccare l' orologio, si ripetono le osservazioni ed i calcoli giorno seguente o qualche giorno dopo, e se l'orologio segna più di 12^o 7^m 31^s 8/10 al mezzogiorno medio, il suo moto è troppo celere cioè *corre;* se invece segna meno di 12^o 7^m 31^s 8/10, il moto è troppo lento cioè *ritarda.* Fingiamo, per esempio che dopo cinque giorni l'orologio indichi 12^o 8^m 25^s 3/10 al mezzogiorno medio, si avrà:

	Or.	M.	S.
Mezzogiorno medio — nel sesto giorno	12.	8.	$25\ \frac{}{10}$
» — nel primo giorno	12.	7.	$31\ \frac{3}{10}$
L' orologio avanza nei cinque giorni di	0.	0.	$53\ \frac{5}{10}$

Pertanto l' orologio corre in ragione di 16 secondi e 7 decimi al giorno.

La maniera di correggere il movimento consiste nell'allungare il pendolo, come si spiegherà in un altro numero del *Museo*.

XLIV.

Se il pendolo è regolato esattamente, oscilla 86400 volte fra gli istanti del mezzogiorno apparente di due giorni successivi. Il tempo di 60 oscillazioni è un minuto solare medio, e il tempo di 3600 oscillazioni è un ora solare media. Posto sulle dodici ore l' orologio così regolato nell' istante del mezzogiorno medio esso segnerà ancora le dodici a mezzanotte media, poi al mezzogiorno medio del dì seguente e così via.

XLV.

Dal fin qui esposto, si intende che un giorno sidereo, cioè il tempo d' una rotazione della terra sul suo asse, è alquanto più breve d'un giorno civile comune. Il problema di assegnare la proporzione esatta fra queste unità cronometriche, è tutt' altro che facile; venne però sciolto dagli astronomi, i quali trovarono che 100,000,000 di giorni comuni o civili sono eguali a 100,273,791 giorni siderei, per cui, accontentandosi d' una minor precisione numerica si può dire che in mille giorni comuni la terra compie 1002 rivoluzioni e 3/4 sul suo asse.

Da questi dati si desume agevolmente il tempo d' una rivoluzione in ore, minuti e secondi di tempo civile. Basta istituire la proporzione:

$$100{,}273791 : 100{,}000{,}000 = 24 : \text{tempo d' una rivoluzione}$$

Secondo la regola del tre, il tempo d' una rivoluzione sarà dunque di ore $\frac{2400{,}000000}{100{,}273791} = 23^{o}\ 56^{m}\ 4^{s}{,}09.$

Emerge così che il tempo d' una rivoluzione della terra è minore di 24 delle ore segnate da un buon orologio, di tre minuti, cinquantacinque secondi, e novantuno centesimi di secondo.

4.º *La settimana.*

XLVI.

Avendo spiegato per esteso il significato del giorno, considerato come unità fondamentale di tempo, e delle sue subordinate e minori divisioni di ore, minuti e secondi, ci bisogna occuparci delle unità cronometriche più grandi.

L' unità cronometrica che vien dopo il giorno nell' ordine ascendente, è la *settimana.*

XLVII.

Sono assai discordi le opinioni degli storici e degli archeologi, circa la data e l' estensione del costume di contare il tempo a periodi di sette giorni. È però certo che presso le nazioni orientali questo periodo è in uso da tempo immemorabile. Filone Ebreo, Giuseppe, e S. Clemente Alessandrino sostenevano che il periodo settimanale era in uso presso tutti i popoli antichi. Goguet, moderno autore francese, adotta la stessa opinione. Altri invece, fra cui si ponno citare Costard e Maury, pretendono che anticamente non vigesse l' uso del periodo di sette giorni, se non tra gli Ebrei i quali naturalmente l' hanno preso dalle tradizioni della Creazione, date nel Pentateuco.

XLVIII.

Entrambe queste opinioni estreme, ma specialmente la seconda, sono erronee. La settimana, come divisione di tempo e multiplo del giorno era di uso generale fra gli antichi Chinesi, gli Egiziani, i Caldei e gli Arabi, quanto fra gli Ebrei. Non lo era nel Calendario dei Greci, i quali dividevano il mese in tre periodi di dieci giorni, e non fu adottato dai Romani se non al tempo di Teodosio, il quale regnò sul finire del quarto secolo dell' era nostra. Non vi è nel latino classico la parola che equivalga propriamente alla voce *settimana.* Il vocabolo *hebdomas* significava un gruppo di sette cose quali si vogliano, e quando si applicava ai giorni era relativamente

alle malattie, in cui i medici credevano (come ora sembra, erroneamente) che si manifestassero le crisi coi periodi di 7, di 14 e di 21 giorni.

Mentre molti autori attribuiscono l'origine della settimana alla Storia Mosaica della creazione, altri l'ascrivono alle fasi della luna, ed altri ancora ai pianeti conosciuti agli antichi. Le fasi lunari non corrispondendo nemmeno prossimamente colla settimana, è difficile che si possano riguardare come origine di questa unità cronometrica, e la denominazione dei giorni avendo in tutti gli idiomi una relazione più o meno grande cogli oggetti celesti, l'ultima opinione sembra la più generalmente ammessa.

XLIX.

Nell'antica astronomia Egiziana, il sole e la luna si contavano fra i pianeti, e dei pianeti propriamente detti non se ne conoscevano che cinque: Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno, per cui il numero totale dei pianeti si riteneva sette. Erano classificati in ordine alle loro supposte distanze dalla terra, come segue:

1. *Saturno*
2. *Giove*
3. *Marte*
4. *Il sole*
5. *Venere*
6. *Mercurio*
7. *La luna.*

Dione Cassio, distinto scrittore di Roma, che fu console circa il 220 A. D., dà la spiegazione seguente della maniera con cui gli Egiziani derivavano i nomi dei giorni della settimana e il loro ordine da quello dei sette pianeti.

La serie delle *Ore*, senza relazione coi giorni, si divideva in periodi di sette ore di cui ciascuna era dedicata ad un pianeta. Così la prima ora era dedicata a *Saturno*, la seconda a *Giove*, la terza a *Marte* e via di seguito. Il giorno si divideva però in ventiquattro ore, e non essendo questo numero un multiplo del sette, ne risultava di necessità che ogni giorno cominciasse con un ora dedicata ad un pianeta differente. Ciò posto, vediamo come avvenisse la successione dei giorni, secondo questo sistema.

Il giorno che comincia coll'ora dedicata a Saturno termina evidentemente con quella dedicato a Marte, giacchè le ventiquattro ore contengono tre periodi cempleti di sette ore, e la ventesimaquarta ora non è che la terza del quarto periodo e in conseguenza quella

dedicata a Marte. La prima ora del giorno seguente sarà dunque quella dedicata al Sole. Similmente questo giorno che comincia coll'ora dedicata al Sole e consiste di tre periodi completi e di tre ore, terminera con quella dedicata a Mercurio e la prima del terzo giorno sarà quella dedicata alla Luna.

Così il quarto giorno comincierà coll'ora che occupa il terzo posto dopo quella dedicata alla Luna cioè con quella di Marte: il quinto giorno coll'ora che è la terza dopo quella di Marte cioè con quella di Mercurio; il sesto colla terza ora dopo quella di Mercurio, cioè quella dedicata a Giove, il settimo colla terza ora dopo quella di Giove che è quella di Venere; e dopo questo ricomincierà la serie coll'ora dedicata a Saturno.

Per tal modo, in ogni successivo periodo di sette giorni la prima ora di ciascun giorno successivo del periodo era dedicata ai pianeti nell'ordine seguente:

1. *Saturno*
2. *Il sole*
3. *La luna*
4. *Marte*
5. *Mercurio*
6. *Giove*
7. *Venere.*

I nomi latini dei giorni concordano con questo sistema:

1. Dies Saturni (Giorno di Saturno)
2. Dies solis (Giorno del sole)
3. Dies lunæ (Giorno della luna)
4. Dies Martis (Giorno di Marte)
5. Dies Mercurii (Giorno di Mercurio)
6. Dies Jovis (Giorno di Giove)
7. Dies Veneris (Giorno di Venere)

Nelle lingue dell'Europa occidentale sono usate delle denominazioni derivate da queste latine, con una o due eccezioni. Una delle eccezioni nella lingua italiana è il nome del *Giorno del Sole* che vi si chiama *giorno di domenica,* da *Dies dominica* o *giorno del Signore*, e l'altra quella del *giorno di Saturno* cioè *sabbato* nome tratto del sabbato ebraico.

Nelle lingue germaniche le denominazioni dei giorni di Marte, Giove e Venere derivano dai nomi delle divinità *Tuesco*, *Thor* e *Frigga* corrispondenti a Marte, Giove e Venere nella Mitologia Scandinava. Il nome del mercoledì in inglese che è *Wednesday* deriva da

Wodin od *Odin* nome del principe di quelle divinità. Il nome dello stesso giorno in tedesco che è Mitwoche, significa metà della settimana.

Vi è un altra maniera di combinare la serie dei giorni coi sette oggetti celesti da cui vennero le loro denominazioni, onde spiegare l'ordine della loro successione, e che, non foss'altro, per la sua antichità, merita d'essere ricordata.

Gli antichi astrologi, fra cui si contava un gran numero di astronomi propriamente detti, imaginarono una figura mistica nel cui centro era posta la terra, circondata dai sette corpi celesti che dividevano in sette archi eguali la circonferenza dello spazio circolare presentato dalla fig. 4. Supponevansi condotte due rette dal luogo di ciascun pianeta a quelli dei due pianeti da lui più remoti nell'ordine circolare, in modo di formare sette triangoli ciascuno dei quali aveva per lati due di quelle rette e per base l'arco da esse compreso. Sulla circonferenza i pianeti si succedevano nell'ordine delle supposte loro distanze dalla terra, nella maniera già esposta. Cioè Saturno era seguìto da Giove, questo da Marte e così via, come prima.

Supponiamo ora che partendo da un pianeta qualunque, dalla luna a cagion d'esempio, si seguano in successione regolare le rette che si intersecano: si troverà allora che i pianeti si succedono nell'ordine dei giorni della settimana o nell'ordine inverso. Così, partendo da A si passa in B, da B in C, e così via seguendo l'andamento segnato dalle freccie e i nomi dei pianeti in A, B, C, D. E, F e G, sono precisamente quelli da cui vennero cavati i nomi dei giorni della settimana, cominciando da lunedì e terminando colla domenica. Seguendo in vece il giro in direzione contraria alle freccie, sarebbero risultati quei nomi in ordine inverso, come se si tornasse dal fine della settimana al principio.

Nelle dottrine cabalistiche dell'astrologia si attribuivano varie influenze a queste successioni dei pianeti, le quali però a noi non importano.

In entrambi i sistemi, il numero sette che forma la base del periodo cronometrico della settimana derivava dal numero supposto dei corpi planetarii. Il numero sette sotto altri rispetti si considerava dagli antichi come dotato di varie influenze mistiche e riprodotto in forme varie all'infinito non solo negli oggetti naturali e nei fenomeni ma anche nelle vicende umane. Vi erano le sette stelle, le sette meraviglie del mondo, i sette giorni critici nelle malattie umane, i tre periodi di sette anni che convertivano il giovine in uomo, eccetera.

In breve il numero sette era riguardato con una specie di venerazione religiosa, al punto che, come osserva spiritosamente Arago, l'annuncio di un ottavo o di un nono pianeta in Egitto, in Grecia od in Roma sarebbe stato considerato come un eresía ed avrebbe attirato sullo sciagurato scopritore le maledizioni dei sacerdoti e la pena di morte invece degli onori e delle ricompense delle accademie e delle università.

L.

Per essere la settimana un periodo arbitrario e convenzionale di tempo, che non presenta relazione di sorta coi fenomeni naturali, dev'esser tale anche il giorno che la comincia. La sua origine si collegava nelle scritture ebraiche colla storia della creazione, e l'istituzione del sabbato era una commemorazione perpetua della successione delle operazioni divine per cui vennero chiamate ad esistere la terra nel suo stato presente e le creature da cui è popolata, perciò il giorno settimo od ultimo della settimana doveva naturalmente essere quello in cui si celebrava il sabbato, e dietro questo principio la domenica avrebbe dovuto essere l'ultimo giorno e lunedì il primo della settimana. Pure non era tale la distribuzione convenzionale della settimana. Il sabbato, o settimo giorno dei Giudei, che fu il giorno dopo quella Crocifissione, corrispondeva al nostro giorno di sabbato: il giorno seguente, cioè quello della Risurrezione era quindi il primo della settimana giudaica.

In relazione a ciò, questo primo giorno venne celebrato dai Cristiani come giorno di domenica o giorno di riposo e di preghiera, mentre com'è ben naturale gli Ebrei osservano ancora il loro sabbato.

Perciò si convenne generalmente di chiamare domenica il primo giorno della settimana, investendolo di quei sacri attributi e caratteri che il quarto comandamento conferì al settimo giorno.

5.° — *Il mese.*

LI.

La prossima unità cronometrica è il mese, il cui nome implica qualche corrispondenza coi fenomeni lunari. La relazione di questa divisione del tempo colla luna è indicata da tutte le lingue. Così, nella lingua Greca μην (men) vale *mese*, e μὴνη (*mene*) significa

luna, derivando entrambe queste voci dal Samscrito MA, *misura*, e nel Persiano, MAH significa anche *mese*.

Il sole e la luna girano sulla sfera celeste nella stessa direzione da occidente ad oriente, ma la luna si muove con una velocità più di tredici volte maggiore di quella del sole e quindi compie in cielo più di tredici rivoluzioni intanto che il sole ne fa una. Continuamente la luna o si diparte dal sole o vi si avvicina o lo raggiunge. Nel momento in cui raggiunge il sole si dice che è in *congiunzione* e la si chiama *luna nuova*. Quando si trova nella parte opposta del cielo e quindi è discosta di 180° del sole, si dice che è *in opposizione*: e siccome allora presenta direttamente alla terra l' emisfero illuminato e appare come un disco circolare completo la si chiama *luna piena*. Quando è ad un quarto di periferia od a 90°, davanti o dietro del sole, si dice che è nelle *quadrature* e siccome allora appare come un semicerchio luminoso la si dice *mezza luna*.

Il tempo impiegato dalla luna a fare una rivoluzione completa in cielo si chiamò *periodo* o *tempo periodico* della luna e dietro le osservazioni moderne più esatte venne trovato espresso in decimali, di

27,32166 giorni.

Esprimendolo in giorni, ore, minuti e secondi è di

$$27^g\ 7^o\ 43^m\ 11^s\tfrac{4}{10}\cdot$$

Il periodo lunare è disadatto come misura di tempo civile, per due ragioni: la prima e principale è che il momento in cui termina un periodo e ne comincia un altro non è marcato da qualche fenomeno cospicuo od osservabile da tutti, e non può essere determinato che dagli astronomi; la seconda è, l' essere incommensurabile coll' unità cronometrica fondamentale, il giorno, e, come si vedrà quanto prima, anche coll'anno. Per tali ragioni non è mai stato adottato come unità cronometrica nè per gli usi civili nè per gli usi astronomici.

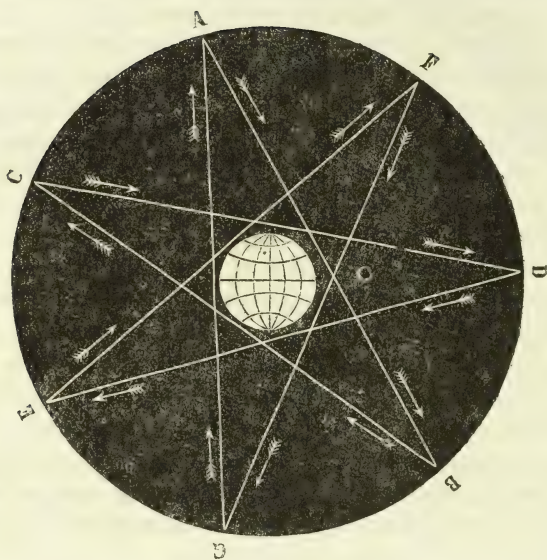



Fig. 4.

Capitolo terzo.

Il mese (continua). — LII. Non concorda coi periodi lunari. — LIII. Difficoltà di suddividere l'anno. — LIV. Divisione diseguale. — LV. Mesi egiziani. — LVI. Greci. — LVII. Mesi di Solone. — LVIII. Mesi romani — Sotto Romolo. — LIX. Origine dei nomi dei mesi. — LX. Mesi addizionali di Numa. — LXI. Origine dei loro nomi. — LXII. Loro lunghezza. — LXIII. Superstizione in favore dei numeri dispari. — Maniera di ricordare le lunghezze dei mesi. — LXIV. Calende. — LXV. Calende greche. — LXVI. None. — LXVII. Idi. — LXVIII. Costume di contare all' indietro. — LXIX Discordanza dell' anno romano colle stagioni. — LXX. Mese mercedonio. — LXXI. Significato legale di *mese*. — LXXII. L' anno. — LXXIII. Che cosa è l'anno? — LXXIV. L' anno egiziano. — LXXV. Non è che una grossolana approssimazione al corso delle stagioni. — LXXVI. L' anno d' incertezza ed il periodo sotiaco. — LXXVII. Vantaggi dell'anno egiziano. — LXXVIII. L'anno greco. — LXXIX. Metone ed il suo ciclo. — LXXX. Origine del numero d'oro. — LXXXI. Metone messo in ridicolo da Aristofane. – LXXXI. Stretta concordanza delle fasi lunari col ciclo metoniano. — LXXXIII. L'anno romano. — LXXXIV. Abusi dei pontefici. — LXXXV. Calendario giuliano. — LXXXVI. Anno bisestile.

L'intervallo tra due congiunzioni successive della luna col sole, o tra due lune nuove, è maggiore del periodo lunare. Supposto che il sole e la luna piglino assieme le mosse dopo la congiunzione, la luna, che cammina con una velocità più che tredici volte mag-

giore di quella del sole, lo sorpasserà immediatamente: e, siccome il sole si avanza colla velocità di circa 1° al giorno, la luna dovrà muoversi con una velocità di più che 13° al giorno, e dovrà quindi dilungarsi dal sole di più di 12° al giorno. Quando la luna avrà fatto una rivoluzione completa, cioè 27,32166 giorni dopo la sua congiunzione, il sole si sarà avanzato di circa 27° dal luogo dove arriva la luna, compiendo la sua rivoluzione. La successiva congiunzione, cioè la luna nuova, non potrà verificarsi se non quando la luna raggiungerà il sole, e siccome essa avanza rispetto a questo di poco più di 12° al giorno, impiegherà poco più di due giorni ad arrivarlo. Infatti, dietro le osservazioni ed i calcoli più esatti, si trovò che l'intervallo tra due congiunzioni successive è di

29,530589 giorni

esprimendolo in decimali, od esprimendolo in giorni, ore, minuti e secondi è di

$29^g\ 12^o\ 44^m\ 2{,}89^s$

Tale intervallo si denomina *lunazione* e supera i 29 giorni e mezzo di poco meno di tre quarti d'ora.

Sebbene la lunazione non sia commensurabile nè col giorno, nè coll'anno, pure la sua ricorrenza ed anche quella delle sue parti, sono marcate da fenomeni tanto appariscenti ed osservabili da chiunque senza istrumenti, che in tutti i tempi ed in tutti i luoghi la si adoperò come misura di tempo, compensandosi in varie maniere le frazioni che superano i 29 giorni e mancano a formare i 30 giorni.

Lo scopo evidente che si aveva di mira nell'adottare i mesi era di stabilire una conveniente unità cronometrica che tenesse un posto intermedio tra l'anno e la settimana: unità, che fosse composta di un numero intero di giorni, senza frazioni, e fosse contemporaneamente un summultiplo esatto dell'anno; vale a dire doveva essere un tale intervallo che l'anno ne fosse un multiplo esatto, e che corrispondesse, per quanto fosse possibile, coi periodi delle fasi lunari.

Che varie nazioni in differenti età siano state in pieno disaccordo nei tentativi di soddisfare a queste diverse condizioni e che le abitudini e le forme cronologiche in cui si risolvettero quei tentativi abbiano presentata molta confusione, non recherà nessuna meraviglia a chi rifletta che quelle condizioni erano non solo inconciliabili l'una coll'altra, ma che il soddisfarvi era al tutto impraticabile.

Queste condizioni implicano la considerazione di tre periodi distinti; il diurno, il lunare ed il solare od anno. Il periodo lunare, qualunque siano i fenomeni su cui si basa, sia sul vero tempo d'una rivoluzione della luna intorno la terra, o sull' intervallo tra le sue fasi, per esempio, da una luna piena alla luna piena seguente, non è nè un multiplo del giorno nè un summultiplo dell'anno. Pertanto il mese, determinato secondo il periodo lunare in qualunque maniera lo si consideri, non può constare di un numero esatto di giorni, nè prendersi tale che l'anno contenga un numero esatto di mesi.

LII.

Perciò si dovè trovare ben presto impossibile qualunque corrispondenza reale fra i periodi cronometrici derivati dal sole e dalla luna, ed il problema dovette quindi limitarsi a stabilire una conveniente suddivisione dell'anno, che fosse intermedia tra il giorno e l'anno, e che dividendo l'anno in un numero esatto di parti eguali, non riescisse nè troppo grande nè troppo piccola per le consuetudini della società.

LIII.

Consideriamo ora in quanto si potessero raggiungere queste diverse condizioni.

Un anno, come si vedrà fra breve, consta di 365 giorni ed *una frazione.* Questa frazione presenta molti inconvenienti nei suoi effetti cronologici, ma per il momento la trascureremo considerando, come gli antichi, composto l'anno di 365 giorni.

Questo numero è difficile a maneggiarsi ove si tratti di dividerlo in parti eguali di cui ciascuna sia un numero intero. È divisibile esattamente per 5 e 73 ma per nessun altro numero.

Segue da ciò che l'anno non ammette che due maniere di suddivisione che soddisfacciano alle condizioni prescritte. Si può dividerlo in 73 periodi di 5 giorni ciascuno, od in 5 periodi da 73 giorni.

La prima suddivisione in periodi di 5 giorni, non è ammissibile essendo questo periodo minore d'una settimana. Secondo l'altra l'anno si comporrebbe di 5 parti eguali, di 73 giorni ciascuna.

Una tale suddivisione soddisfa alle condizioni volute? Non è troppo grande per gli usi sociali?

La risposta più concludente in pratica a simile domanda, si può dedurre dalla testimonianza concorde di tutte le nazioni abbastanza

colte per sapere che l'anno è composto di 365 giorni. La divisione in 5 periodi di 73 giorni ciascuno, deve essersi offerta loro naturalmente; tuttavia non venne mai proposta. Di comune assenso venne dunque in maniera tacita ma non equivoca pronunciato, che questa divisione è disadatta agli usi sociali.

LIV.

Trovata dunque impraticabile una divisione dell' anno in periodi eguali, si poteva ricorrere a due soli espedienti: o dividere l' anno in un certo numero di parti *eguali* con un avanzo, contando questo come parte supplementare, appunto come quando in aritmetica il divisore non sta esattamente nel dividendo, diamo il quoto e nominiamo l'avanzo; oppure dividere l'anno in un numero conveniente di parti *diseguali*, ciò che si potrebbe effettuare, distribuendo fra le divisioni eguali ottenute secondo il primo espediente, i giorni che formano l' avanzo.

Entrambi gli espedienti vennero effettivamente adottati da nazioni differenti in differenti età, ma il secondo ebbe fortuitamente la preferenza generale ed ora l'anno, presso tutte le nazioni più civilizzate del mondo, si divide in dodici parti diseguali, che si chiamano non troppo propriamente, *mesi*.

LV.

Gli egiziani, adottato il primo degli spedienti indicati, dividevano l'anno in dodici mesi eguali da trenta giorni. I cinque giorni restanti formavano una divisione complementaria in fine dell' anno e si intercalavano prima del cominciamento dell' anno seguente.

LVI.

La divisione dell'anno in mesi fra i Greci era non solo inopportuna ed oscura, ma in due qualunque degli Stati della Confederazione non corrispondevano nè il numero, nè la lunghezza, nè i nomi dei mesi e neanche il principio dell'anno. Generalmente però convenivano nel dividere l'anno in dodici mesi di lunghezza diseguali. Alcuni Stati cominciavano l' anno al solstizio d' estate, altri a quello di inverno, ed altri all' equinozio d' autunno o circa a quest' epoca. Dodici o più Stati separati chiamavano i mesi con nomi differenti. Alcuni mesi si designavano con nomi specifici, mentre altri s' indicavano col loro

numero progressivo contato a partire dal principio dell' anno; ma siccome gli Stati non cominciavano l' anno ad un' epoca comune, mesi aventi la stessa denominazione numerica, corrispondevano nei differenti Stati a stagioni differenti. Così il quinto mese Attico corrispondeva al novembre, il quinto mese Spartano al febbrajo, il quinto mese Beozio al maggio, il quinto mese Delfico al gennajo e va dicendo.

Si concepiscono facilmente la confusione enorme che doveva derivare da una simile discrepanza fra le differenti provincie d'una nazione parlanti lo stesso linguaggio, e le numerose ed imbarazzanti difficoltà che s'incontrano nell' interpretare gli autori Greci che scrissero in relazione a queste differenti costumanze.

Non ci pare il caso di ingombrare queste pagine colle undici serie dei nomi di mesi, che, essendo tutti fuor d'uso, non presenterebbero altro vantaggio che di servire all' interpretazione degli autori Greci. Chi desidera di esserne informato può consultare qualche dizionario delle antichità greche e romane.

LVII.

Malgrado la discordanza e l'oscurità che avvolgono le annotazioni e gli usi dei Greci, relativamente al loro calendario, il periodo delle fasi lunari che servì di base al loro sistema cronometrico, fu conosciuto da loro con una precisione straordinaria fino da una delle prime epoche della loro storia. La lunazione fu valutata a 29 giorni e $^1/_2$, cioè a meno di tre quarti d'ora dalla sua lunghezza esatta, e venne assunta come mese. Solone anzi andò tant'oltre, da fare dei mesi che vi corrispondessero esattamente. Il giorno trentesimo si divideva tra due mesi successivi; la prima metà dell'aurora al tramonto si univa al mese spirante, l'altra, dal tramonto all'aurora, al nuovo mese. Il giorno così ripartito fra due mesi differenti si chiamava ἕνη καὶ νέα, il giorno *vecchio e nuovo*. Però questa correzione non si applicava che ad ogni due mesi ed i mesi intermedii si limitavano a ventinove giorni.

Più tardi, quando fu lasciato quest'uso, lo stesso nome ἕνη καὶ νέα si applicò in generale all' ultimo giorno d' ogni mese.

LVIII.

Se si domandasse qualche prova della difficoltà che s' incontrò nel cercare di perfezionare l'arte di contare e registrare il tempo, la si

avrebbe esaminando lo stato di quell' arte presso i Greci ed i Romani, le due nazioni più illuminate e più colte dell' antichità, ai cui lavori nella letteratura e nelle scienze i moderni vanno tanto debitori.

Non si può immaginare nulla che superi in confusione ed in assurdità le convenzioni cronometriche che furono in vigore presso Romani prima di un' epoca assai avanzata nel progresso dell' impero.

Romolo, il fondatore di Roma, istituì un anno composto di dieci mesi, sei dei quali avevano trenta giorni e gli altri quattro ne avevano trentuno, risultando l'anno di 304 giorni. Siccome i nomi imposti a quei mesi, per la massima parte, giunsero fino a' nostri tempi, essendo stati adottati nella nostra nomenclatura, sarà utile di esporli, indicandone l' origine.

I primi quattro mesi dell' anno di Romolo si chiamavano MARS, APRILIS, MAÏA ed JUNIUS, e da questi vennero i nostri nomi di MARZO, APRILE, MAGGIO e GIUGNO.

LIX.

Il primo ebbe il nome da Marte, padre di Romolo, secondo le favole romane. L' origine del secondo è alquanto incerta, mentre alcuni lo fanno derivare dal verbo latino *aperire* (*aprire*), allusivo allo stato della vegetazione nella primavera; ed altri da *aphrodité* uno dei nomi greci di Venere.

I nomi di maggio e giugno erano tratti evidentemente da Maja, madre di Mercurio, e da Giunone, regina degli Dei (*).

I nomi degli altri sei mesi, che non ne esprimevano che l'ordine numerico, erano i seguenti:

Quintilis (il quinto)	October (l'ottavo)
Sextilis (il sesto)	November (il nono)
September (il settimo)	December (il decimo).

LX.

Un anno di 304 giorni non poteva durare a lungo senza trovarsi in disaccordo colla natura delle cose. Non più tardi quindi dei re-

(*) Ovidio accenna ad una derivazione differente dei nomi di maggio e di giugno — cioè, che fossero l' uno il mese dei vecchi (majores), l'altro quello dei giovani (juvenes).

Tertius a senibus, juvenum de nomine quartus.

Fasti, libro I, linea 41.

gno successivo, cioè sotto Numa, gli vennero aggiunti altri due mesi. Questi si chiamarono Gennajo e Febbrajo.

Dapprima, febbrajo precedeva gennajo, essendo posti il primo alla fine e l'altro al principio dell'anno. Quest'ordine venne però investito dappoi e, restando gennajo il primo mese dell'anno, febbrajo divenne il secondo, marzo il terzo, ecc. Si spiega così la circostanza che suscita spesso delle quistioni sugli ultimi quattro mesi dell'anno, che essi tengano nella serie dei mesi un posto differente da quello indicato dai loro nomi. Si deve rammentare che quando essi ricevettero quei nomi, il primo mese era marzo.

LXI.

Gennajo, il primo mese dell'anno, trasse il nome da Giano, divinità che occupava un posto importante nella religione dei Romani. Giano presiedeva al principio di qualunque cosa: era la divinità custode delle porte, e lo si rappresentava con due facce volte da parti opposte. Per tale ragione fu scelto a presiedere al primo mese.

Febbrajo prese il nome da Februus, antica divinità italica, i cui riti si celebravano sullo scorcio di questo mese. Questa divinità presiedeva anche alla morte, le cui feste, chiamate Feralia si celebravano circa al medesimo tempo.

In progresso di tempo, i nomi dei mesi Quintilis e Sextilis furono cambiati in Julius ed Augustus, in memoria di questi Imperatori, il primo dei quali, come vedremo, si segnalò con una importantissima riforma del calendario. Questi nomi durano anche fra noi, modificati in quelli di Luglio ed Agosto.

Tale fu l'origine dei nomi presenti dei dodici mesi dell'anno.

LXII.

Se i mesi istituiti da Romolo erano diseguali, i suoi successori introdussero una diseguaglianza, un' irregolarità ed una confusione ancora più grande. Nell' anno romuleo di dieci mesi, quelli di marzo, maggio, quintile (che fu poi luglio) ed ottobre avevano ciascuno trent'un giorni, e gli altri ne avevano trenta. Quando si decise di fare che l' anno fosse più in armonia coi fenomeni solari, col crescerne la lunghezza, si risolvette di aggiungergli cinquant'un giorni: e considerando che questo numero di giorni era troppo grande per comporne un mese e troppo piccolo per due, si tolse un giorno a ciascuno dei sei mesi da trenta giorni, ed i cinquantasette giorni

risultanti si distribuirono in due mesi, dandone ventinove al gennajo e vent'otto al febbrajo.

I mesi si componevano dunque così:

Gennajo di giorni		29	Luglio (allora quintile) di giorni		31
Febbrajo	»	28	Agosto (allora sestile)	»	29
Marzo	»	31	Settembre	»	29
Aprile	»	29	Ottobre	»	31
Maggio	»	31	Novembre	»	29
Giugno	»	29	Dicembre	»	29.

L'uso di simili capricci numerici, trattandosi di un argomento da cui dovevano dipendere più o meno tutte le annotazioni cronologiche e storiche, sembrerebbe inesplicabile se la tradizione non ce ne desse la chiave. Perchè, infatti, prendere un giorno da ciascuno dei mesi di trenta giorni, invece di seguire l'espediente ovvio di togliere il *giorno dispari* a ciascuno di quelli di trent'uno?

LXIII.

Si impara che a quei tempi i numeri dispari si riguardavano come *fausti* o di buon augurio ed i pari come *infausti* o di cattivo augurio. Ne venne dunque la mira, nello stabilire le divisioni del tempo, di fare che si componessero, per quanto si potesse, di un numero dispari di giorni! Quindi i mesi di ventinove e di trent'un giorni si preferirono a quelli di trenta. Cinquant'un giorni aggiunti ai 304 davano un anno di 355 giorni, e questo numero essendo dispari soddisfaceva alla condizione. Ma non si può dividere un numero dispari in dodici parti, ciascuna delle quali sia dispari perchè sommando dodici numeri dispari risulta un numero pari. Uno dei dodici mesi fu condannato dalla natura delle cose e dalle proprietà dei numeri, a comporsi di un numero pari di giorni. Questo numero *infausto* fu naturalmente assegnato al febbrajo, a cui presiedeva il genio della morte e che era dedicato alla celebrazione della festa dei morti. Da ciò venne il numero eccezionale di vent'otto giorni al mese di febbrajo.

Invece di affrettarci a censurare acremente questa assurdissima superstizione, arrestiamoci a guardarci d'intorno e vediamo se noi andiamo forse esenti da idee altrettanto assurde se non anche altrettanto nocive. A chi non è toccato di trovarsi con persone non destituite di una certa educazione e di una posizione intellettuale, che non vogliono sedere ad un pranzo di tredici commensali e che

raccapricciano se in certe occasioni si accende un numero dispari di candele? Quanti, che si terrebbero insultati se si qualificassero per indotti, non vogliono saperne di intraprendere un viaggio o qualche affare serio in venerdì?

La difficoltà di ricordare quali siano i mesi di trent' un giorni e quali quelli di trenta, è sentita così generalmente che si immaginarono diversi ajuti tecnici alla memoria per richiamarli in qualunque istante.

Contando i mesi nell'ordine numerico a partire dal principio dell'anno, i mesi dispari fino al settimo, ed i mesi pari dopo di questo sono quelli di trent' uno giorni. Sono quindi il primo, il terzo, il quinto, il settimo, l'ottavo, il decimo ed il duodecimo, cioè gennajo, marzo, maggio, luglio, agosto, ottobre e dicembre.

Chiudendo il pugno, si vedono sporgenti le quattro nocche delle dita e fra l'una e l'altra di esse una depressione. Dando alle nocche ed alle depressioni intermedie i nomi dei mesi successivi, ricominciando alla prima nocca dopo averle passate tutte, si trova che i mesi di trent' un giorni sono quelli che cadono sulle nocche. Così la nocca del primo dito corrisponde al gennajo, quella del secondo al marzo, quella del terzo al maggio e quella del quarto al luglio. Ritornando poi alla prima nocca, questa corrisponde all'agosto, la seconda all'ottobre e la terza al dicembre.

A chiunque è famigliare che:

« Trenta giorni hanno novembre, aprile, giugno e settembre: febbrajo ne ha vent'otto; tutti gli altri ne hanno trent' uno. »

LXIV.

Il primo giorno del mese dai Romani chiamavasi le *Calende*, nome che fu applicato anche ai mesi. Di qui venne che una tavola indicante la serie dei mesi e dei giorni di ciascun mese dell'anno corrente, ebbe il nome di *Calendario*.

LXV.

La denominazione di *Calende* non era in uso fra i Greci. Da ciò, ad indicare che un avvenimento era aggiornato indefinitamente, venne l'uso della frase che lo si rimandava alle *Calende greche*.

LXVI.

Il settimo giorno di ciascuno dei quattro mesi maggiori, (così denominavansi quelli di trent' un giorni), ed il quinto di ciascuno dei mesi minori, (quelli di ventinove giorni) si chiamava delle *None.*

LXVII.

Così il quindicesimo di tutti i mesi maggiori ed il tredicesimo dei minori si chiamava le *Idi.*

LXVIII.

La causa del posto differente che le none e le idi avevano nei mesi maggiori e nei minori deriva dal costume Romano di contare il tempo *all'indietro.* Perciò in tutti i mesi, maggiori e minori, le idi cadevano sempre nel giorno decimosettimo e le none nel vigesimo-quinto, contando all' indietro a partire dall' ultimo giorno inclusivamente.

Nè si contavano all' indietro soltanto i giorni delle none e delle idi, ma anche i giorni intermedii. Per esempio, in un mese di trent' un giorni i primi sei si denominavano, come segue

1.° giorno	Le Calende
2.° »	Sesto prima delle none.
3.° »	Quinto » »
4.° »	Quarto » »
5.° »	Terzo » »
6.° »	Vigilia delle none.
7.° »	Le none.

In simile maniera, i giorni dopo le none si contavano all' indietro partendo dalle idi, e quelle dopo le idi si contavano all' indietro partendo dalle Calende del mese seguente.

Sebbene usata con tanta estensione la pratica di contare all' indietro era assurda; pure quel metodo in certi casi è di manifesta convenienza, ed è ancora usato generalmente. Quando occorrono delle solennità o degli anniversarii rimarchevoli, si trova comodo di chiamare sua vigilia il giorno precedente, e talvolta riferiamo ad essa anche il secondo od il terzo giorno prima di tale o di tal altra epoca memorabile.

LXIX.

I ritorni periodici delle stagioni che succedono ad intervalli di circa 365 giorni non poterono durare a lungo in accordo con un anno di 355 giorni. Questo fu ben tosto palese: e di tutti gli spedienti inesplicabili di cui si abbia esempio nella confezione delle regole cronometriche, certo che il più strano di gran lunga, fu quello con cui si tentò di accordare l'anno civile col naturale.

Per quanto fosse imperfetta a quei tempi l'astronomia, la semplice osservazione dei ritorni delle stagioni, quale poteva farsi dai più rozzi agricoltori, bastava a dimostrare che il periodo di 355 giorni era di dieci a dodici giorni minore di quello delle stagioni : e che perciò, seguitando a distinguere il tempo in anni di quella grandezza, le stagioni avrebbero ritardato di dieci a dodici giorni da un anno al successivo.

LXX.

Numa, successore di Romolo, che, come s'è già detto, modificò il calendario, decise di porre in accordo l'anno civile col periodo delle stagioni, introducendo ad ogni secondo anno un tredicesimo mese, chiamato *Mercedonio,* composto alternativamente una volta di ventidue e l'altra di ventitre giorni. Fin qui l'espediente non presentava nulla di troppo singolare, ma era curiosissima la maniera di introdurre questo mese supplementario biennale. Si decretò che ad ogni secondo anno s'avesse a sospendere il corso del mese di febbrajo alla fine del giorno vigesimoterzo, che allora si cominciasse il mese Mercedonio, e, terminato questo, si continuasse il febbrajo fino all'ultimo giorno! Così il Mercedonio veniva incastrato fra il 23 ed il 24 di febbrajo. In questi secondi anni, il giorno dopo il 23 febbrajo era il primo di Mercedonio, e il giorno dopo il 22 od il 23 Mercedonio, secondo il caso, era il 24 febbrajo e i successivi giorni erano il 25, 26, 27 e 28 di febbrajo!!!

LXXI.

Il vocabolo mese fu adoperato in differenti significati, secondo uno dei quali dinota l'intervallo di una rivoluzione completa dalla luna intorno la terra.

Siccome quattro settimane non superano questo intervallo di

più di sedici ore, anche un tale periodo di tempo fu chiamato mese. Secondo Blackstone questo è il senso legale della parola, a meno non glie se ne attribuisca espressamente un altro. Un affitto per dodici mesi è un affitto per quarant'otto settimane.

6.° — *L'anno.*

LXXII.

Questa è la maggiore delle unità cronometriche e però quella con cui si esprimono tutti i lunghi periodi.

LXXIII.

Che cosa è l'*anno*? A moltissimi pare superflua tale domanda, perchè chiunque crede di sapere benissimo che cosa sia l'anno. Ma se insistiamo che si risponda, e discutiamo le risposte che si danno di consueto, la cosa non è più tanto facile e piana.

Taluni direbbero che è l'intervallo di tempo in cui il sole compie una rivoluzione in cielo.

Altri direbbero che è l'intervallo determinato dalla ricorrenza periodica delle stagioni.

La quistione sarebbe spogliata di parte della sua difficoltà se questi due intervalli fossero eguali. Ma non lo sono. Se si rispondesse che la loro differenza non è grande, noi replicheremmo, che, per quanto sia piccola, la detta differenza ingrandirà per l'accumulazione, e che ove si tratti di secoli basterà a rendere affatto discordi le due definizioni.

Nell'esporre le circostanze particolari del giorno, considerato come unità di tempo, abbiamo mostrato, che una delle condizioni essenziali per lui, era di essere invariabile; in altre parole, che ogni giorno successivo, dovesse avere esattamente la stessa lunghezza. La stessa condizione è indispensabile, per la stessa ed anche per più forti ragioni, nel caso dell'altra unità, chiamata anno. Pure il tipo naturale da cui fu tolta quest'unità, cioè il ritorno periodico delle stagioni, soggiace come il ritorno periodico del sole al meridiano ad una certa variazione. Per questo rapporto esso riesce disadatto come unità fondamentale di tempo. Ma questo difetto si corregge con un espediente simile a quello per cui al giorno solare apparente si sostituisce il giorno solare medio. Al ritorno delle stagioni si assegna un periodo fittizio, il quale è il termine medio fra le variazioni

estreme del vero periodo che segna i loro successivi ritorni, e questo periodo fittizio, che è invariabile e non differisce mai di molto del reale, essendone tal volta un po' minore e tal altra un po' maggiore, si adotta come anno cronologico.

Però, sgraziatamente per la facilità della cronologia, nè questa, nè qualunque altra misura fondamentale di tempo basata sul succedersi delle stagioni, si compone d'un numero intero di giorni, senza frazioni; nè la parte frazionaria che avanza al numero intero di giorni, ha il vantaggio di ammontare, dopo un qualche numero di ripetizioni, ad un anno o ad un numero intero di anni.

Questa circostanza, come ora si vedrà, produsse gravi imbarazzi nella storia e nella cronología.

LXXIV.

Nei loro primi rozzi tentativi di stabilire la misura annua del tempo, gli Egiziani fecero l'anno di 360 giorni, divisi in dodici mesi eguali di 30 giorni.

Si suppone che sia stata questa l'origine della divisione della circonferenza in 360 gradi, ed anche della prevalenza della divisione dodicesimale in molte altre misure popolari.

La successiva addizione dei cinque giorni complementari si attribuisce ad un dio od eroe Egiziano chiamato dai Greci, *Ermete* colla cognominazione distintiva di *Trismegisto, grande tre volte.*

LXXV.

L'intervallo di 365 giorni era la maggiore approssimazione al periodo delle stagioni, che si potesse ottenere con numeri interi. Tuttavia, seguitando ad usarlo, dopo un certo lasso di tempo, avrebbe prodotta una confusione inestricabile. Proviamoci a dimostrarlo.

Si sa che il vero periodo segnato dal ritorno delle stagioni differisce da 365 giorni ed un quarto di poco più di undici minuti. Questa differenza, così piccola, è stata la causa di grandi difficoltà nella storia e nella cronología. Trascuriamola però, per il momento, e riteniamo composto l'anno esattamente da 365 giorni ed un quarto.

Dopo trascorso un anno di 365 giorni, le stagioni ritorneranno quindi un quarto di giorno più tardi che nell'anno precedente. Dopo un secondo anno, ritarderanno di mezza giornata; dopo un terzo di tre quarti di un giorno e dopo quattro anni saranno in ritardo di una

giornata intera. Se, per esempio, la primavera cominciasse nel primo anno col 21 marzo, nel quarto anno, comincierebbe col 22 marzo. Similmente, nell'anno ottavo comincierebbe col 23 marzo, nel dodicesimo col 24 marzo e così di seguito ritardando di un giorno ad ogni quattro anni. Dopo trenta volte quattro anni, principierebbe un mese più tardi; ed in 182 volte e mezza quattro anni — cioè in 730 anni — avverrebbe precisamente sei mesi dopo, cosicchè allora la primavera comincierebbe col 21 settembre e l'autunno col 21 marzo. Il primo giorno d'estate sarebbe il 21 dicembre ed il primo d'inverno sarebbe il 21 giugno.

Tali sarebbero gli effetti finali derivanti dall' adottare un anno di 365 giorni.

È ovvia la confusione che deve risultare nella storia e nella cronología da un tal metodo di contare il tempo. Se troviamo narrato qualche avvenimento di tempi remoti, su cui avrebbe potuto influire la stagione dell'anno in cui occorse, la sua data non ne offrirà un indizio immediato. Perchè qualunque cosa indicasse il mese in cui ebbe luogo, esso poteva trovarsi in qualunque delle stagioni, primavera, estate, autunno, o inverno. È però vero che si potrebbe scoprire la stagione, calcolando all' indietro e dando un giorno ad ogni quattro anni.

È chiaro che dopo un periodo di quattro volte 365 anni — cioè dopo 1460 anni — le stagioni ritorneranno agli stessi giorni, e che durante questo intervallo avranno avuto successivamente principio in ciascuno dei giorni dell'anno dal primo all' ultimo.

LXXVI.

La discordanza fra l' anno di 365 giorni ed il periodo delle stagioni fecero dare al primo il nome di *Anno incerto*; ed il periodo di 1460 anni, dopo cui le stagioni ritornano ai medesimi giorni fu chiamato *Periodo Sotiaco* da una supposta relazione colla stella *del cane celeste* che si chiamava *Sothis*.

LXXVII.

Per quanto fossero ovvii gli inconvenienti di adottare l'anno di 365 giorni, questo periodo non mancò di difensori e di partigiani. Il vantaggio che gli si attribuiva non può non sembrare strano ai nostri tempi. Si diceva che adottando quest' anno, ciascuna solennità verrebbe a cadere successivamente in ciascun giorno dell'anno, santifi-

cando così l'anno intero; appunto come se ora un Cristiano, prendesse a patrocinarlo per il motivo che il Natale nel corso di quattordici o quindici secoli verrebbe a cadere successivamente in ciascun giorno di ciascuna stagione, primavera, estate, autunno ed inverno!

LXXVIII.

I Greci, come si è veduto, dividevano anticamente il tempo in mesi alternativamente composti di 29 e di 30 giorni, quindi ciascuno in media di 29 giorni e mezzo, periodo grandemente approssimato alla vera lunghezza media d'una lunazione, ed il loro anno consisteva di dodici di questi mesi. Quest'anno, però, che constava di soli 354 giorni deviava dal ritorno periodico delle stagioni di più che di undici giorni, cosicchè dopo non più di tre anni le stagioni rimanevano indietro di più d'un mese; e dopo un periodo di diciott'anni si trovavano affatto rovesciate, coincidendo il mezzo dell'estate col mezzo dell'inverno; e viceversa. Il ritorno delle stagioni costituiva una misura dell'anno così ovvia e naturale, così intimamente collegata coll'andamento delle faccende umane, in ispecial modo dell'agricoltura, che non poteva durare a lungo una misura dell'anno che se ne scostasse di molto; e, come abbiamo già detto, in tutte le provincie della Grecia si cercò presto di accordare la serie dei dodici mesi col giro delle stagioni, aggiustandone le varie lunghezze in modo che ne risultasse un totale di 365 giorni: intervallo così prossimo alla vera successione delle stagioni che doveva passare un secolo prima che si manifestasse una discordanza di qualche rilievo.

Si agitarono però delle quistioni religiose le quali sollevarono gravi difficoltà fra gli Ateniesi. Le feste e le cerimonie relative al culto degli dei avevano tutte origine ad un'epoca anteriore, quando i soli fenomeni lunari formavano la base della loro cronologia. Certi riti si dovevano eseguire in certe fasi della luna, e quando queste, per il cambiamento della lunghezza dei mesi, non ricorsero più agli stessi giorni dell'anno, essi assunsero un carattere somigliante a quello delle feste mobili del Cristianesimo, e si trovò necessario, affine di prestabilirne il tempo della celebrazione, di calcolare i giorni delle fasi lunari, o di creare insomma un calendario.

Le difficoltà sorte per tal maniera nello stato imperfetto della scienza astronomica di quell'epoca vennero seriamente aggravate da un comando proveniente da un oracolo, che alcune solennità che si dovevano celebrare in particolari fasi lunari, dovessero anche cadere

in certe stagioni dell'anno. Per ciò tornava necessario che si sciogliesse il problema di porre in accordo numerico la serie delle lunazioni e la successione delle stagioni, problema che a quel tempo era d'assai superiore all'abilità tanto degli astronomi che dei sacerdoti.

LXXIX.

Alla fine, circa il 432 A. C., Metone, antico astronomo, giunse a trovarne una soluzione che, se non era assolutamente completa, fu considerata soddisfacente al punto d'eccitare uno scoppio di popolare entusiasmo. Egli stabilì che 235 lunazioni eguagliavano esattamente, o quasi esattamente diciannove anni, che alla fine di questo periodo la luna piena tornerebbe a ricorrere negli stessi giorni dell'anno, e che perciò qualora si registrassero le successioni dei plenilunii in un qualunque periodo di diciannove anni, indicando il giorno in cui l'uno dopo l'altro avevano luogo in ciascun anno, essi dovevano ricorrere nei medesimi giorni in ogni successivo periodo di diciannove anni, e similmente dovevano essere occorsi in quegli stessi giorni in ciascuno dei precedenti periodi di diciannove anni. Così divenne superfluo qualunque calcolo sulla ricorrenza delle fasi lunari. Il calendario lunare di un intervallo di diciannove anni non era che la semplice riproduzione di quello dell'eguale intervallo antecedente.

Questo periodo di diciannove anni, fu ed è ancora chiamato *Ciclo Metoniano.*

LXXX.

Tale scoperta, pubblicata da Metone nell'occasione della celebrazione dei giuochi olimpici nel 432 A. C., eccitò immenso entusiasmo ed ammirazione, ed i vantaggi che ne derivavano alla cronologia vennero tanto apprezzati che si ordinò che i numeri esprimenti le date dei plenilunii fossero scritti in un ciclo a lettere d'oro sui pubblici monumenti ed in tavolette nei templi degli Dei. Da questa circostanza si fa derivare il fatto che quei numeri vennero dipoi comunemente scritti negli almanacchi in caratteri dorati, e, dopo l'invenzione della stampa, vennero distinti stampandoli in inchiostro rosso, dal che ebbero il nome di numeri d'oro, con cui sono ancora designati nei calendarj odierni.

LXXXI.

Nè lo splendore di tale scoperta, nè la gloria della corona olimpica, nè la gran popolarità da cui era circondato, salvarono Metone dai frizzi del suo illustre contemporaneo Aristofane, il quale cercò di metterlo in ridicolo e di screditarlo facendolo entrare in un gruppo di cerretani nella sua notissima commedia intitolata: *Gli uccelli* (Ορνιθεσ).

LXXXII.

È un fatto curioso che la corrispondenza della successione delle fasi lunari col ciclo Metoniano divenne sempre più precisa, di mano in mano che si determinarono con maggior esattezza i movimenti celesti del sole e della luna. La lunghezza media di una lunazione, conosciuta con bastante esattezza fino dal tempo di Metone, è di giorni 29,530589, e perciò 235 lunazioni fanno:

$$29{,}530589 \times 235^{g} = 6939^{g}\ 16^{o}\ 31^{m}\ 19^{s}.$$

La lunghezza media dell'anno, non altrettanto ben conosciuta ai tempi di Metone, ora si sa che è di giorni 365,24244, ossia di:

$$365^{g}\ 5^{o}\ 48^{m}\ 49^{s},5$$

per cui diciannove anni fanno:

$$(365^{g}\ 5^{o}\ 48^{m}\ 49^{s},5) \times 19 = 6939^{g}\ 14^{o}\ 27^{m}\ 41^{s}$$

dal che risulta che 235 lunazioni sorpassano i 19 anni di 2 ore 3 minuti e 38 secondi.

Dopo ciascun intervallo di 19 anni, dunque, le lunazioni successive ritardano di $2^{o}\ 3^{m}\ 38^{s}$.

LXXXIII.

Si è già detto che l'anno romano che si componeva da principio di 304 giorni, fu ad un tratto portato a 355 giorni; e che in seguito, mediante il mese complementare denominato Mercedonio, si

aggiunsero 45 giorni ad ogni quarto anno. Per tal modo ogni serie di quattro anni constava:

il	I.	di	555	giorni
il	II.	di	355	»
il	III.	di	355	»
ed il	IV.	di	400	»
			1465.	

Quindi i quattro anni sommavano insieme a 1465 giorni.

Ora la vera lunghezza di quattro anni solari non essendo che di 1461 giorni, il periodo di quattro anni romani così stabiliti riusciva troppo lungo di quattro giorni: perciò ad ogni quattro anni, le stagioni dovevano anticipare di quattro giorni nell'anno, e nel corto periodo di trent'anni ciascuna di esse veniva ad essere portata indietro d'un mese.

LXXXIV.

Divenuta in breve manifesta simile conseguenza, fu necessario di porvi rimedio, ma l'espediente a cui si ricorse sul principio fu uno dei peggiori che si potessero imaginare. Si concedette ai pontefici un potere arbitrario di intercalare quanti giorni sembrassero loro necessari per accordare l'anno coll'avvicendarsi delle stagioni.

Come era bene da prevedersi, questa misura diede ben tosto occasione al più indecente sistema d'abusi. Mentre i conteggi e i pagamenti si facevano e gli interessi di tutti gli affari pubblici e privati si computavano per il primo del mese, i pontefici prostituivano i poteri loro conferiti ai fini più corrotti. Prolungavano le magistrature temporarie dei loro favoriti, ed accorciavano quelle dei loro oppositori; dilazionavano i pagamenti da farsi dai loro amici, anticipavano quelli dei loro avversi; i guadagni degli appaltatori delle rendite pubbliche erano aumentati o diminuiti a loro beneplacito col destro maneggio del numero arbitrario di giorni intercalari di cui avevano facoltà di accrescere od abbreviare qualunque mese dell'anno. I disordini che ne conseguirono giunsero infine al punto che le solennità autunnali si celebravano in primavera, e viceversa.

7.° — *Riforma Giuliana.*

LXXXV.

Era riservato a Giulio Cesare non solo di por termine a questa confusione ed agli abusi donde aveva sorgente, ma di stabilire anche un sistema di notare il tempo, che arrivò fino ai nostri giorni e che è denominato dal suo fondatore *Calendario Giuliano.* In questa grande riforma egli fu ajutato da Sosigene, distinto astronomo egiziano d'allora. A compirla fu autorizzato dalle leggi, essendo egli stesso sommo pontefice.

La scienza astronomica era di tanto progredita, che si sapeva che la lunghezza del periodo determinato dalla successione delle stagioni era di circa 365 giorni ed un quarto. Ma l'adottare un anno civile che vi corrispondesse avrebbe implicato conseguenze d'invincibile difficoltà pratica. Se supponiamo per esempio, che un dato anno dovesse cominciare a mezzanotte fra il 31 dicembre ed il primo di gennajo, l'anno successivo avrebbe dovuto principiare alle sei ore antimeridiane del seguente primo di gennajo; il terzo anno a mezzogiorno dell'altro primo di gennajo; il quarto alle sei ore pomeridiane dell'altro primo di gennajo, e infine il quinto anno avrebbe dovuto cominciare a mezzanotte tra l'uno ed il due di gennajo. Così, in una serie di quattro anni, il primo giorno di gennajo sarebbe stato aggregato un quarto alla volta all'anno precedente.

Questa misura era evidentemente impraticabile. Giulio Cesare che nel carattere eminentemente pratico del suo genio somigliava fortemente a Napoleone, risolse di sormontare la difficoltà con uno spediente altrettanto felicemente concepito quanto facile ad attuarsi.

LXXXVI.

Egli decise di adottare anni composti d'un numero intero di giorni, lasciando che le frazioni residue si accumulassero d'anno in anno fino a formare un giorno intero, e di aggiungerlo poi come giorno di supplemento all'anno in cui l'accumulazione avrebbe toccato questo limite. Ora siccome la frazione che superava il numero intero di 365 giorni, si riteneva che fosse d'un quarto di giorno, così era dopo quattro anni che l'accumulazione sarebbe ammontata ad un giorno. Si stabilì in conseguenza di aggiungere un giorno supple-

mentare ad ogni quarto anno. I quattro anni successivi riuscivano quindi così composti:

il	I. di	365	giorni
il	II. di	365	»
il	III. di	365	»
ed il	IV. di	366	»
		1461.	

Lunghezza media 365 ed un quarto.

Si otteneva così l' intento senza aggiungere all'anno parti frazionarie di giorno.

Il giorno addizionale che si dava al quarto anno, si introduceva nel mese di febbrajo, risultando allora quel mese di 30 invece che di 29 giorni.

Capitolo quarto.

§ Si rammenterà che i Romani contavano all'indietro i giorni del mese, e che quelli dell'ultima parte del mese si computavano dalle calende o primo giorno del mese seguente. Ora avvenne che il giorno

sesto di febbrajo, contando all' indietro a partire dal primo di marzo, denominato *sexto-calendas*, era consacrato ad una solennità con cui si celebrava la cacciata dei Tarquinii. Si decise di porre il giorno supplementare del quarto anno immediatamente prima del *sexto-calendas*, e per evitare di cambiare la denominazione degli altri giorni si stabilì di chiamarlo secondo sextocalendas. Fu dunque appellato *bissexto-calendas*, e l'anno in cui si intercalava questo giorno addizionale ebbe ed ha ancora il nome di *anno bisestile.*

Si ordinò che il principio dell'anno avesse luogo nel giorno del novilunio che occorreva subito dopo il solstizio d'inverno dell'anno precedente. In conseguenza un tal giorno venne denominato primo di gennajo dell'anno 709 dalla fondazione di Roma, e siccome il principio dell'era nostra fu nell'anno 754 dalla fondazione di Roma, così ne segue che la riforma Giuliana data da 45 anni prima di Cristo, cioè dall'anno precedente quello in cui fu assassinato Cesare.

LXXXVII.

Questa disposizione mirabile provvide al futuro, ma non riparò alle conseguenze degli abusi e dei disordini del passato. Il mese complementare denominato Mercedonio era stato continuamente maltrattato dai pontefici che lo accorciavano e lo prolungavano nella maniera più capricciosa ed arbitraria, al punto di disordinare pienamente la posizione delle stagioni rispetto al principio ed alla fine dell'anno. Per rettificarle era indispensabile qualche misura temporanea ardita ed eccezionale. Cesare nella qualità di sommo pontefice adoperò il potere di cui i suoi predecessori in quella carica avevano abusato tanto indecentemente, a correggere i loro disordini, e ristabilì con una misura violenta ed eccezionale il giorno dell' equinozio di primavera nel 25 di marzo, data che esso aveva al tempo di Numa. Per questo effetto, egli decretò che l' anno 708 dalla fondazione di Roma dovesse per eccezione comporsi di 445 giorni. I quali 445 giorni furono computati nel seguente modo:

L'anno comune	giorni	355
Mese Mercedonio	»	23
Due mesi straordinari fra novembre e dicembre: il primo	»	33
il secondo	»	34
		445.

L'anno in cui si introdussero questi combiamenti ebbe il nome di *anno di confusione*. Era l' anno 46 avanti Cristo.

LXXXVIII.

Oltre al riaggiustare il luogo degli equinozii, fu riordinata la distribuzione dei 365 giorni fra i dodici mesi. Si decretò che i mesi dispari, a partire dal principio dell'anno, contassero 31 giorni ciascuno, e che gli altri ne avessero 30, toltone il febbrajo che negli anni comuni ne avrebbe 29 e nei bisestili 30.

Questa distribuzione naturale e facile a ricordarsi fu poco dopo disordinata per compiacere alla frivola vanità di Augusto. Si è già detto come al mese sestile si cambiasse il nome in quello di agosto per adulazione verso questo imperatore. Non contento di perpetuare in tal modo il suo nome, egli insistè affinchè il suo mese non contasse un numero di giorni minore di quello di Cesare. Il giorno che si aggiunse quindi all'agosto venne tolto al febbrajo, ridotto così a 28 giorni negli anni comuni ed a 29 nei bisestili. I mesi vennero definitivamente composti come segue:

Gennajo di giorni		31	Luglio di giorni		31
Febbrajo	»	28 o 29	Agosto	»	31
Marzo	»	31	Settembre	»	30
Aprile	»	30	Ottobre	»	31
Maggio	»	31	Novembre	»	30
Giugno	»	30	Dicembre	»	31.

L'alternativa dei 30 e 31 giorni proposta da Cesare venne dunque conservata ad eccezione del luglio e dell'agosto, che diventarono due mesi di 31 giorni l' uno immediatamente successivo all' altro.

Ad un' epoca più tarda dell' impero si tentò di prostituire il calendario cambiando i nomi degli ultimi mesi dell'anno in quelli di Tiberio, Claudio, Nerone e Domiziano; ma il buon senso del popolo romano non piegossi a tanta ignominia.

LXXXIX.

La morte di Cesare avvenuta nell' anno dopo quello in cui egli aveva decretata questa riforma, fece cadere il mandato di realizzarla

nelle mani dei pontefici, i primi atti dei quali palesarono una piena malintelligenza del significato delle più importanti condizioni del nuovo sistema. I termini dell'editto Giuliano, con cui era definita la ricorrenza dell'anno bisestile non vennero fino a noi; ma è certo che i pontefici interpretarono che l'addizione periodica del giorno intercalare vi fosse designata come da farsi ad ogni terzo anzichè ad ogni quarto anno. Se non sono stati corretti da nessuna autorità contemporanea, per esempio da Sosigene, il quale, conoscendo lo scopo da raggiungersi con quell' espediente, avrebbe potuto dimostrare loro il senso dell' editto, ove le parole con cui era espresso fossero state equivoche, ciò prova in modo sorprendente quanto fossero poco comuni a quei tempi queste cognizioni. Comunque sia, è certo che durante i primi 36 anni dopo la riforma, si ritenne bisestile ogni terzo anno, invece d' ogni quarto anno, per cui questi 36 anni, comprendendo 12 in luogo di 9 giorni intercalari, ebbero una lunghezza complessiva maggiore di tre giorni di quella che dovevano avere secondo il sistema Giuliano rettamente interpretato. Quando alla fine venne scoperto l' errore, le conseguenze ne furono rettificate per ordine di Augusto, il quale decretò che si dovesse ommettere per tre successivi periodi di quattro anni, il giorno intercalare da aggiungersi al quarto anno, e così l' eccesso prodotto nei primi 36 anni fu compensato da un ammanco eguale nei 12 anni consecutivi, e d'allora in poi fu osservata la ricorrenza regolare degli anni bisestili.

L' errore si crede che abbia avuto origine nel modo seguente. — Nella maniera romana di contare, il *quarto* corrisponde al nostro *terzo*.

			1	2	3	4			1	2.
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K, ecc.
1	2	3	4			1	2	3	4.	

Livio descrive il ciclo di 19 anni come se cominciasse ad ogni *ventesimo* anno.

XC.

È bene osservare che nel calendario ecclesiastico di varii paesi il giorno che si chiama *intercalare* negli anni bisestili non è il 29, ma il 24 di febbrajo.

XCI.

Dal fin qui detto si rileverà esservi stata ancora della confusione per circa quarant'anni dalla data della riforma Giuliana, cioè fino quasi al cominciamento dell'Era cristiana; nè si possiede alcuna certezza storica che il nuovo metodo sia stato osservato regolarmente innanzi al principio dell'Era volgare. È però certo che gli anni romani 761, 765, 769, ecc., i quali corrispondevano agli anni del Signore 8, 12, 16, ecc., si contarono come anni bisestili, nè rimane dubbio circa le date posterini.

Dietro queste date gli storici ed i cronologi hanno computato le altre non solo in avanti, ma anche all'indietro, riducendo tutti gli avvenimenti storici a quella posizione che avrebbero occupato nell'ordine dei tempi, se il sistema Giuliano avesse sempre esistito. Quando leggiamo dei fatti storici occorsi in epoche remote prima di questa riforma dei metodi di contare il tempo, dobbiamo intendere che le date che loro si assegnano non sono già quelle che portavano al tempo e presso la nazione in cui si compirono, ma che per i lavori dei cronologi, le date locali assegnate loro dagli annalisti contemporanei, date che variavano non solo da un paese all'altro in relazione ai differenti loro costumi, ma anche in uno stesso paese ad epoche differenti, sono state cambiate in quelle date che avrebbero avuto se allora fosse invalsa dovunque la cronologia Giuliana.

È ovvio che senza questa semplificazione e questa assimilazione le date storiche avrebbero presentata una massa di confusione inestricabile alla comune dei lettori.

XCII.

Si è già detto che l'intervallo di giorni 365 ¼, assunto nella riforma Giuliana come lunghezza dell'anno, non ne è la lunghezza vera, ma ne differisce d'una piccola frazione di giorno. Venendo ora ad esporre l'influenza avuta da questa minutissima frazione sulla cronologia, ci torna necessario di presentare al lettore una nozione sul significato della parola *anno* più chiara e più precisa di quella inchiusa nella definizione comune, colla quale si dice che l'anno è il periodo dopo cui si riproducono le stagioni: poichè si potrebbe domandare a buon dritto, qual cosa determini i limiti delle stagioni? come siano precisati i momenti esatti di tempo in cui ciascuna di loro comincia e finisce? — E difatti si osservi che le quistioni in

discorso non riguardando un numero intero di giorni, ma piccole frazioni di giorno, non basta di sapere che questa o quella stagione cominci o finisca in questo od in quel giorno; bisogna che si sappia l'ora, il minuto, il secondo, anzi perfino la frazione di secondo, che segna l'epoca che si vuol determinare.

Si suol dunque far principiare il corso delle stagioni dal momento in cui comincia la primavera. Si convenne poi di ritenere che questo momento sia quello in cui il centro del disco solare occupa tale posizione in cielo, per cui, se vi rimanesse stazionario, il giorno e la notte sarebbero perfettamente eguali, cosicchè in somma il sole sarebbe visibile per dodici ore esatte ed invisibile per altrettante; dodici ore sopra e dodici sotto l'orizzonte.

Si può dire di questa definizione che è verbosa e complessa oltre il bisogno, perchè sarebbe più semplice e più intelligibile il dire che la primavera comincia il *giorno dell'equinozio.*

Certo che un enunciato così sommario sarebbe più corto e più semplice, e purchè sia inteso chiaramente, ed abbastanza precisato, non può soggiacere ad objezioni. Ma che cosa s'intende per *giorno dell'equinozio?* Ci si risponderà naturalmente che il giorno in cui il sole sta dodici ore sopra e dodici sotto l'orizzonte.

Benissimo! prendiamo l'almanacco e cerchiamo questo giorno. Prendendo l'almanacco del 1854, si trova che il 19 marzo il sole stette dodici ore ed un minuto sopra ed undici ore e cinquantanove minuti sotto l'orizzonte, che il 20 stette dodici ore e sei minuti sopra ed undici ore e cinquantaquattro minuti sotto l'orizzonte, mentre il 18 fu undici ore e tre minuti sopra e dodici ore e cinquantasette minuti sotto l'orizzonte. In nessun altro giorno del mese si trovò esattamente dodici ore sopra e dodici sotto l'orizzonte; e si avrebbe lo stesso risultato esaminando similmente gli almanacchi degli altri anni.

Si vede così che non si dà questo fenomeno d'un giorno e d'una notte precisamente eguali. Nè gioverebbe il rispondere che il giorno e la notte addotti in questo ed in simili esempi non differiscono fra loro che d'un minuto o due, giacchè la quistione presente implica appunto che si considerino soltanto questi minutissimi intervalli.

Poichè dunque *il giorno dell'equinozio* non può significare quello in cui il giorno e la notte sono eguali, quale ne è il significato preciso? Rispondiamo che significa in modo affatto ovvio *quel giorno in cui succede l'equinozio.* Ma che cosa si intende allora colla parola *equinozio?* Rispondiamo tornando alla spiegazione già data, che l'equinozio è il preciso momento in cui il centro del disco solare

occupa tal posizione, che se la conservasse invariabilmente, starebbe dodici ore sopra e dodici sotto l'orizzonte nel tempo di una sua rivoluzione in cielo.

XCIII.

Ora siccome il disco del sole si muove in cielo continuamente verso l'est, colla velocità di circa 1° al giorno, o di 2' ½ all'ora, non conserva per più di un istante la posizione in discorso. Esso percorre il giro del cielo come la lancetta d'un orologio percorre il giro della mostra, passando incessantemente da un punto ad un altro. Il punto esatto in cui il centro del sole si trova nel momento suddescritto, si chiama quindi punto equinoziale; e così il momento di tempo in cui coincide con questo punto chiamasi equinozio.

XCIV.

Vi sono due equinozii, e due punti equinoziali. Il primo ha luogo circa il 21 marzo, e l'altro circa il 23 settembre (1).

L'uno dicesi equinozio di primavera, l'altro equinozio d'autunno, perchè si convenne di fissare il principio della primavera all'epoca del primo, e quello dell'autunno all'epoca dell'altro.

I due punti equinoziali sono situati in parti opposte dal cielo, separati l'uno dall'altro da tutto un emisfero, come deve essere evidente a chi rifletta che il sole impiega sei mesi a passare da uno di questi punti all'altro.

XCV.

Presentata così una nozione distinta del significato degli equinozii e dei punti equinoziali, troveremo minore difficoltà a spiegare i varii sensi in cui è adoperata la parola *anno*.

Se i punti equinoziali conservassero una posizione invariabile in cielo, l'intervallo tra gli istanti in cui il centro del disco solare passerebbe due volte successivamente per l'uno o per l'altro dei medesimi, sarebbe realmente l'intervallo durante il quale compie o sembra compiere il giro intero del cielo.

Simile intervallo denominasi ANNO SIDEREO.

(1) Nelle tavole del sorgere e del tramontare del sole che si trovano nell'almanacco, si tien conto degli effetti della rifrazione. Questi per altro si trascurano nello stabilire la posizione degli equinozii.

Gli astronomi hanno trovato che la lunghezza esatta di quest'anno è di:

$$365^g\ 6^o\ 9^m\ 10^s,38.$$

Quest'intervallo, come si vede, fu apprezzato a meno d'un centesimo di secondo di differenza dal suo valore preciso.

XCVI.

Ma i punti equinoziali non tengono un posto immutabile in cielo. Al contrario soggiacciono d'anno in anno ad un lento spostamento nella direzione contraria al moto del sole. Il valore di questo spostamento annuo è piccolo, poco meno di un minuto di grado cioè, circa la trentesima parte della larghezza del disco solare.

Per quanto però sia piccolo tale spostamento, esso venne misurato con tutta la precisione, e ne furono apprezzati con tutta l'esattezza gli effetti, che sono della massima importanza tanto sulla cronologia che sull'astronomia.

In causa di questo retrocedere dei punti equinoziali, il sole vi arriva, dopo aver compiuto il giro del cielo, più presto di quello che avrebbe fatto se non si fossero mossi. Ciò risulta evidente, ove si consideri che i punti equinoziali trasportandosi in direzione contraria a quella del moto del sole, gli vengono incontro al suo ritorno. Il sole vi giunge quindi prima di avere compiuta una rivoluzione nel cielo, e l'epoca di ciascun equinozio successivo precede quella in cui avrebbe avuto luogo, se i punti equinoziali fossero rimasti stazionari.

Questo fenomeno per tal ragione fu chiamato la Precessione degli Equinozii.

XCVII.

L'effetto ovvio di ciò è che l'intervallo fra due equinozii successivi è minore di un anno sidereo.

L'intervallo tra due equinozii consecutivi si denomina Anno Equinoziale o Tropico.

L'anno sidereo è di lunghezza immutabile, e per questo riguardo sarebbe opportunissimo come unità fondamentale di tempo. Ma ha un difetto capitale che lo rende al tutto disadatto agli usi civili. Non è in coincidenza col ritorno periodico delle stagioni, di cui tutto l'uman genere si serve a misura dell'anno.

Se i punti equinoziali fossero fermi, l' anno sidereo sarebbe anche l' anno equinoziale, e allora coinciderebbe col ritorno delle stagioni. Ma in causa dello spostamento dei punti equinoziali il principio dell' anno equinoziale precede quello del sidereo: l' entità dell' anticipazione, sebbene piccolissima sulle prime, accumulandosi per lunghe serie di anni, fa sì che le stagioni cadano successivamente in tutte le parti immaginabili dell' anno sidereo.

Per questa ragione l'anno sidereo non venne mai adottato come anno civile.

Se lo spostamento annuo dei punti equinoziali fosse regolare e costante, la precessione degli equinozi sarebbe pure costante; e l'anno equinoziale differendo dal sidereo di una quantità invariabile, sarebbe esso pure invariabile, e siccome concorda colla successione delle stagioni, sarebbe preferibile per ogni rispetto come unità fondamentale di tempo civile.

Ma accade invece che quello spostamento è reso variabile dall' azione di parecchie cause. Le sue variazioni sono circoscritte per altro entro limiti ristretti. Alternativamente cresce e diminuisce, ed ha un certo valore medio che si può determinare. A motivo di questa variazione, l'anno equinoziale ha una lunghezza leggiermente variabile, e non è quindi appropriato come misura fondamentale di tempo.

XCVIII.

Così stando le cose, ed essendosi misurato accuratamente il medio spostamento annuo del punto equinoziale, si suppone che esista un punto equinoziale fittizio dotato di questo medio spostamento annuo, e l' intervallo fra due ritorni consecutivi del sole al detto punto equinoziale fittizio, che è invariabile, fu adottato per unità fondamentale, e fu denominato Anno Solare Medio od Anno Civile.

Quest'anno, quantunque rigorosamente non corrisponda col ritorno delle stagioni, pure non se ne diparte mai d' un intervallo abbastanza grande da essere scoperto od apprezzato fuorchè da un astronomo.

La lunghezza esatta dell' anno medio o civile è di

$$365^g\ 5^o\ 48^m\ 49^s,54$$

ed è minore dell' anno sidereo di $20^m\ 20^s,8$.

XCIX.

Tale essendo la lunghezza effettiva di un anno, che rimarrebbe sempre in accordo coi successivi ritorni delle stagioni, vediamo

quanto ne differisca l'anno del Calendario Giuliano, e quale sia l' effetto della sua differenza sulla cronologia.

La differenza tra l'anno Giuliano, che è di 365 giorni ed $1/4$, e l'anno solare medio, è agevole a trovarsi.

	g.	o.	m.	s.
Anno Giuliano . . .	365.	6.	0.	0,00
Anno Solare medio. .	365.	5.	48.	49.54
Differenza			11.	10,46

C.

Emerge dunque che l'anno Giuliano si diparte dal corso delle stagioni nella proporzione di 11^{m} 10^{s}, 46, o di quasi la 129^{ma} parte d'un giorno all'anno. La differenza accumulandosi d'anno in anno sommerà ad un giorno intero dopo 129 anni, a due giorni in 258 anni, a tre in 387 anni, e va dicendo.

Ora mentre questa discrepanza non riesce percettibile per la durata della vita di una sola generazione, deve manifestamente divenir tale dopo parecchi secoli. L'equinozio, retrocedendo verso il principio dell'anno colla velocità di un giorno ad ogni 129 anni, dopo quindici secoli si trovò arretrato di più che di undici giorni.

È evidente che continuando così di secolo in secolo, l'equinozio avrebbe retrogradato successivamente per tutti i giorni dell'anno, e quindi le stagioni avrebbero assunto consecutivamente qualunque posizione possibile nell'anno.

8. *Riforma Gregoriana.*

CI.

Sebbene in un'epoca più civilizzata e più colta ciò sarebbe stato un motivo sufficiente di rivedere e correggere l'almanacco, la riforma che ebbe luogo è dovuta ad altre e differenti cagioni.

CII.

La Chiesa aveva per regola di celebrare la solennità della Risurrezione in un'epoca non molto lontana dal 21 marzo, che si riteneva essere il giorno dell'equinozio, epoca però che doveva dipendere anche da condizioni relative ai fenomeni lunari, le quali al

presente non ci importano, ma che esporremo pienamente in altra circostanza. Ora siccome l'equinozio reale soggiace, come s'è detto, ad una variazione uniforme, che lo fa retrogradare d'anno in anno, cosicchè anticipa sempre più ad ogni anno successivo, la solennità di Pasqua riferita sempre al 21 marzo, deve necessariamente scostarsi sempre più dall'equinozio, ed è ovvio che nel corso dei tempi quella festa verrà a cadere successivamente in ogni stagione dell'anno, anzi veramente in ciascun giorno dell'anno.

Le autorità ecclesiastiche romane di quell'epoca, accorgendosi con dispiacere di ciò, e poichè l'accelerare per l'avvenire il moto dell'equinozio od il farlo avanzare fino all'11 od al 21 di marzo, non dipendeva da un decreto del papa o d'un concilio, a rimediare gli errori del passato risolsero, non potendo portare l'equinozio al 21 marzo, di portare il 21 marzo all'equinozio.

CIII.

Questo cambiamento, cogli altri necessari ad impedire che si rinnovasse la discordanza tra l'anno ecclesiastico e le stagioni, avvenne sullo scorcio del secolo decimosesto, sotto il pontificato di Gregorio XIII, da cui il calendario riformato trasse il nome di Calendario Gregoriano.

Come al tempo della riforma Giuliana, si dovevano correggere doppii errori, quelli del passato e quelli del futuro. Per gli effetti accumulati degli errori del passato, l'epoca vera dell'equinozio di primavera si trovava portata indietro di 10 giorni rispetto a quella della sua occorrenza nominale, cioè il 21 marzo. La causa d'errori futuri era che l'aggiunta di un giorno ad ogni quarto anno era soverchia, tale però che dovevano passare 129 anni prima che l'eccesso facesse anticipare di un giorno all'equinozio la sua epoca.

CIV.

Per rimediare alle conseguenze degli errori del passato, si decretò che i giorni del mese si dovessero indicare con numeri maggiori di 10 di quelli con cui sarebbero stati indicati secondo la loro regolare successione. Si decretò cioè che l'11 marzo 1582 (l'anno della riforma) si dovesse chiamare 21 marzo, e che in simil modo si dovesse aggiungere 10 al numero di tutti gli altri giorni dell'anno. Per questo mezzo, gli ultimi dieci giorni del 1582 vennero aggregati al 1583, giacchè il 21 dicembre 1582 diventò il 31 dicembre 1582, e quindi il 22 dicembre 1582 divenne il 1° gennajo 1583.

Così il giorno dell' equinozio di primavera ricuperò la data del 21 marzo. Vediamo ora come gliene sia stato assicurato il possesso. Secondo le regole stabilite nel calendario Giuliano, esso doveva restare addietro di un giorno da quella data in 129 anni, dal 1582 cioè al 1711. Per rimediarvi si decretò che l' anno 1700, che secondo il calendario Giuliano avrebbe dovuto essere bisestile, fosse invece un anno comune. Ommesso così un giorno, l'equinozio del 1711 veniva riportato alla sua data del 21 marzo. Così pure avrebbe dovuto restare addietro d' un giorno nel 1840. A questo si rimediò similmente ordinando che fosse un anno comune il 1800 che avrebbe dovuto essere bisestile. Così, siccome resterebbe addietro d' un giorno nel 1969 vi si riparerà come prima, ritenendo anno comune e non bisestile il 1900. Un altro periodo di 129 anni porterà fino al 2098 e si dovrà tenere comune e non bisestile l'anno 2100.

Si riaggiustò cioè la posizione dell' equinozio ritenendo comuni e non bisestili i tre successivi anni secolari 1700, 1800, e 1900, lasciando bisestile il 2000, tornando a ritenere comune il 2100 e seguitando così di secolo in secolo in modo che ogni quarto anno secolare resti bisestile e gli altri si ritengano anni ordinari. La serie degli anni secolari vien dunque disposta così:

1700	Anno	comune	2300	Anno	comune
1800	»	»	2400	»	bisestile
1900	»	»	2500	»	comune
2000	»	bisestile	2600	»	»
2100	»	comune	2700	»	»
2200	»	»	2800	»	bisestile.

e così via. Di qui si vede che gli anni secolari bisestili sono quelli in cui il numero composto dalle prime due cifre è divisibile esattamente per 4, come avviene del 2000, 2400, 2800, 3200, ecc, e che gli altri anni secolari sono anni comuni.

CV.

Vediamo ora se la compensazione degli errori prodotta dal Calendario Gregoriano sia sufficiente in pratica, perchè non è perfetta, nè potrebbe esserlo nessuna simile compensazione. Si è mostrato che l' anno Giuliano risultava troppo lungo assai prossimamente della 129ma parte di giorno. Che cosa fece papa Gregorio XIII per rime-

diarvi? Egli tolse tre giorni ad ogni 400 anni, ciò che equivale al togliere 3/400 di giorno ad ogni anno, laddove la quantità da levarsi doveva essere una 129ma parte di giorno, frazione maggiore di 3/400. La compensazione di Papa Gregorio è dunque minore del valore che dovrebbe avere della differenza fra una 1/129 e 3/400 di giorno, cioè di una 3969ma parte di un giorno.

Risulta cioè che attenendosi al Calendario Gregoriano l'equinozio non rimarrà indietro di un giorno dalla sua data che dopo trascorso un intervallo di 3969 anni, a partire dal 1582, cioè fino all'anno 5551 di nostro Signore. Quando sarà giunta quell'epoca si potrà rimediarvi per altri 3969 anni dichiarando comune e non bisestile l'anno 5600. Possiamo, dunque, con tutta pace lasciare che quelli che allora abiteranno la terra aggiustino da sè la faccenda. Il rimedio per ora è sufficiente.

CVI.

Malgrado l'innegabile ragionevolezza di questa riforma del Calendario, e la manifesta assurdità di seguitare a chiamare equinozio di primavera il 21 di Marzo, mentre l'evidenza dei sensi provava a chiunque che l'equinozio aveva realmente avuto luogo dieci giorni prima, il cambiamento proposto non fu adottato generalmente. Gli Stati protestanti vi si opposero perchè emanava dalle autorità della Chiesa Cattolica, e, come fu detto argutamente, preferirono di trovarsi in opposizione col sole che d'accordo col Papa. Le nazioni professanti il Cattolicismo Greco lo rifiutarono perchè emanava dal capo di quel ramo della loro Chiesa a cui essi negavano l'ortodossia.

Il decreto pontificio fissava la data precisa del cominciamento della riforma nel giorno 5 di ottobre 1582, secondo lo stile di prima, giorno che, secondo il decreto, diventò il 15 di ottobre.

CVII.

Il cambiamento fu adottato in Francia il 10 dicembre prossimo successivo, che venne chiamato 20 dicembre.

Negli Stati Cattolici di Germania fu adottato nel 1584.

Gli Stati Protestanti di Germania dopo avere resistito per circa vent'anni, cedettero alla fine e lo accettarono nel 1600 nel qual'anno si dichiarò che il 19 febbrajo si mutava nel 1° marzo.

La Danimarca, la Svezia e la Svizzera, furono gli ultimi ad adottare la riforma, ma seguirono presto l'esempio della Germania.

Nondimeno alcune città Svizzere si opposero tanto vigorosamente a questa misura, che fu necessario l'intervento militare, per farla osservare quando venne adottata dai magistrati.

In Polonia, dove fu adottata dal governo fino dal 1586, incontrò un'opposizione considerabile in alcune città ed anzi eccitò una grave insurrezione a Riga.

CVIII.

Dominando in Inghilterra lo spirito antipapale molto più del senso comune e dell'autorità della scienza, vi si resistette alla riforma per quasi due secoli, durante i quali l'equinozio reale si trovò portato indietro di più di undici giorni rispetto alla sua data legale. Nel 1752 però la forza delle cose prevalse a questa vergognosa superstizione e la riforma venne introdotta nel calendario, dichiarando che il 3 diveniva il 14 di settembre.

CIX.

Una misura che aveva per effetto di sconvolgere le epoche stabilite delle giornate principali, sostituendone altre nuove ed affatto estranee alla tradizione ed ai costumi, non si poteva supporre che passasse senza eccitare molti reclami da parte di persone di tutte le classi dal Pari fino al contadino. Le affezioni domestiche vennero disgustate della scortese perturbazione degli anniversarii dei giorni natalizii e dei matrimonii. L'arbitraria trasposizione delle feste più solenni produsse un'irritazione religiosa. Anche le feste mobili che già presentavano un po' di confusione, divennero ancor più confuse in grazia della confusione momentanea. Vennero totalmente disordinate le feste politiche e le date dei fatti storici.

In un saggio sul calendario ecclesiastico del professore Morgan, pubblicato nel Compagno dell'Almanacco Britannico del 1854, ne sono raccolti alcuni esempi bizzarri. Un amico dell'autore, scienziato distintissimo, morto di poco tempo, gli raccontava di aver conosciuto da ragazzo una buona coppia in una città di provincia che, scandalizzata dal cambiamento di stile nel 1752, continuava a celebrare il venerdì santo nel giorno antico. Perciò andavano seriamente e in abito di festa alla porta della chiesa, ed il marito vi picchiava per qualche tempo colla sua canna perchè gli si aprisse. Non permettendoglisi di entrare, ritornavano a casa con altrettanta solennità a leggere l'ufficio della Chiesa assegnato a quel giorno.

Nel nuovo e, secondo loro, falso venerdì santo, ostentavano di operare come se avesse già avuto luogo o dovesse avere poi luogo, secondo che poteva darsi, il giorno legittimo, onde manifestare agli amici ed ai vicini che essi rigettavano affatto lo stile nuovo.

CX.

Nei 48 anni, dal 1752, data del cambiamento di stile, alla fine del secolo, vi furono però 18 anni in cui deve essersi ristabilita l'armonia fra i partigiani del nuovo stile e quelli che riverivano la tradizione, perchè in quegli anni accadde che le feste mobili, secondo i due stili, caddero nei medesimi giorni. « Ciò », osserva il professore De Morgan, « avviene ancora talvolta, ed avverrà, sebbene con frequenza sempre minore, fino all'anno 2698 di Cristo, in cui avverrà per l'ultima volta. »

Tuttora, dopo trascorso più d'un secolo, il giorno di Natale, secondo il vecchio stile, si celebra sotto il nome di Giorno Dodicesimo, nel calendario gli si dà ancora il nome di « Natale vecchio ». Esso cade nella festa dell'Epifania.

CXI.

Prima del cambiamento di stile, dominava in Inghilterra una credenza popolare, che nel momento di mezzanotte, quando cominciava il dì di Natale, le bestie nelle stalle si inginocchiassero. Ora quando avvenne il cambiamento di stile, era difficile a credersi che la volontà arbitraria dei legislatori, sarebbe stata rispettata da quei muti animali e si trovò quindi che essi continuavano a prestare l'atto riverente non al Natale della legge, ma a quello del vecchio stile! Il più ridicolo poi è che siccome il giorno di Natale secondo la legge era un istituzione papale, imposta all'Inghilterra dalle circostanze, si pretendeva che quegli animali protestanti fossero i più ostinati nella loro muta protesta contro l'innovazione romana.

Si trovò per altro, che nei paesi cattolici sottomessi all'autorità della Santa Sede, nel cambiamento di stile del 1582, le cose inanimate, per tacere degli animali, riconobbero la validità del decreto; poichè dietro l'autorità del veramente dotto Riccioli, alle cui opere astronomiche il mondo va tanto debitore, siamo accertati che il sangue di S. Gennaro che prima soleva liquefarsi puntualmente al 19 settembre, cambiò immediatamente il giorno della sua miracolosa liquefazione in quello del 19 settembre del nuovo stile, che corri-

spondeva al 9 settembre del vecchio. Come il giorno dell'equinozio nominale, quello del miracolo era così portato indietro di dieci giorni in obbedienza alla bolla pontificia.

Riccioli fa anche menzione di certi ramoscelli soprannaturali che solevano germogliare miracolosamente nel giorno di Natale. I ramoscelli romani, a differenza degli animali protestanti, come ci assicura quell'astronomo, presero a germogliare nel nuovo giorno di Natale che susseguì alla pubblicazione della bolla papale.

CXII.

Di tutti gli Stati cristiani la sola Russia persiste ancora ad attenersi al Calendario Giuliano, e quindi, per la successiva accumulazione degli effetti della lunghezza erronea assegnata all'anno gli equinozi legali in Russia avanzano di *dodici* giorni rispetto agli equinozi reali.

CXIII.

L'influenza esercitata sugli animi dalle abitudini, a lungo invalse, è tale che siamo sempre disposti a credere che le cose da lungo tempo stabilite lo siano per la natura stessa delle cose e quindi di necessità, non già per ordine arbitrario delle autorità locali e del tempo, o per libera elezione del popolo. Per esempio, chi si imagina che non sia per qualche naturale e necessaria ragione che l'anno cominci col 1° di gennaio? Gennaio è il primo nella serie dei dodici mesi, dunque qual cosa più naturale che di prenderne il primo giorno a principio dell'anno? Ma in qual modo gennajo è il primo mese? Esso non è marcato di nessun fenomeno particolare od osservabile da chiunque. Se il sole nel primo giorno occupasse una posizione rimarcabile, per esempio, quella che ha negli equinozi, o se il sole e la luna si trovassero corrispondenti in quel giorno, o si presentasse in esso un eclisse cospicuo, o qualche altro saliente fenomeno periodico, si vedrebbe allora una ragione dell'essere gennaio il primo mese ed il suo primo giorno il primo anche dell'anno. Ma nè quel mese, nè quel giorno vanno contrassegnati da somiglianti fenomeni, o da alcun altro che si possa ritenere che li indichi naturalmente a principio d'un periodo cronometrico.

Si può credere che in ogni caso si fosse dovuto scegliere il primo giorno di un mese *qualunque*, come principio dell'anno. Non v'ha ra-

gione, a quanto pare, che varrebbe ad indurre la gente a cominciare l'anno a metà d'un mese, cosicchè una parte di esso appartenesse ad un anno e la restante all'anno successivo. Tuttavia, comunque sembrino ovvie queste riflessioni, è certo che non hanno alcun peso fra gli uomini. Altre considerazioni di un ordine diverso hanno predominato, in relazione alle quali, il principio dell'anno, presso le differenti nazioni ed in differenti età, fu stabilito in giorni che non avevano alcun rapporto nè con fenomeni astronomici, nè coll'ordine o coi limiti dei mesi.

CXIV.

Gli anniversari religiosi, come naturalmente era da aspettarsi, ebbero una parte prevalente in questo elemento cronologico. Il giorno di Natale, quello di Pasqua e la Festa dell'Annunciazione, vennero scelti in differenti luoghi ed in epoche differenti a primo giorno dell'anno. In Francia, ai tempi di Carlo Magno, l'anno cominciava nel giorno di Natale. Presso il medesimo popolo cominciava col giorno di Pasqua sotto i monarchi Capeti, e questo costume era assai diffuso nei secoli decimosecondo e decimoterzo. In Inghilterra l'anno principiò col giorno dell'Annunciazione (25 marzo) fino al 1752.

Non si creda che questo modo di cominciar l'anno implicasse qualche cambiamento nei mesi o nell'ordine dei loro giorni. Per esempio, quando l'anno cominciava dal dì di Natale, questo giorno si chiamava sempre 25 dicembre ed era preceduto dal 24 e seguito dal 26 dicembre; ma il 24 dicembre apparteneva ad un anno ed il 25 al seguente. Similmente i giorni, ora indietro indicati, come 24 e 25 marzo 1751, all'epoca in cui occorsero si chiamavano 24 marzo 1750 a 25 marzo 1751. Così 24 giorni del marzo spettavano al 1750 e gli altri sei al 1751.

CXV.

A noi adesso, che siamo soliti di contare gli anni, i mesi e i giorni nel modo a cui siamo avvezzi, quel metodo di cominciare l'anno ci sembra così assurdo, così atto a generare confusione e disordine, che troviamo difficoltà a concepire come un popolo abbia potuto continuare a praticarlo. Pure è certo, tanto l'uso invalso in allora era lontano da produrre una simile impressione, che l'annuncio del cambiamento di stile, come lo si chiamava, comandato

dalla legge nei 1751-52, incontrò la più seria resistenza, ed eccitò tumulti popolari di grave importanza. La trasposizione del principio del 1752 dal 25 di marzo al 1° di gennajo, immediatamente precedente, privava l' anno 1751 dei mesi di gennajo e di febbrajo e di 24 giorni del marzo, cioè di quasi per intero i suoi ultimi tre mesi. Questo cambiamento e l' apparente defraudazione di undici giorni sul corso del tempo esasperò la plebe che si affollò nelle strade di Londra e perseguitò con grida ed imprecazioni, al loro apparire, i membri del governo (fra i quali era il celebre Lord Chesterfield) domandando che si restituissero loro quegli undici giorni.

Appaiono ancora in quel paese in varie costumanze delle traccie di quell'abitudine. Gli affitti cominciano e finiscono col giorno dell'Annunciazione. I giorni di pagamento delle rendite sono regolati nello stesso modo. Tutte le rendite si pagano nei giorni dell' Annunciazione e di S. Michele e non, come parrebbe più naturale, negli ultimi di giugno e di dicembre.

CXVI.

Fino a che venne adottato in Inghilterra, nel 1752, il calendario Gregoriano, l'anno, come s'è detto, cominciava col 25 di marzo, cosicchè l'anno 1751 cominciò col 25 marzo 1751 e terminò col giorno che ora si chiamerebbe 24 marzo 1752, mentre l'anno 1752 terminò col giorno che ora si chiama 24 marzo 1753. Per tacere di altri inconvenienti ovvii di questo sistema, esso discordava affatto dalla maniera di contare il tempo, praticato dalle altre nazioni d'Europa, e ne risultava incomodissimo e non senza confusione l'aggiustare le date nei commerci internazionali. Si risolvette quindi di comprendere nella riforma del calendario, il cambiamento del principio dell' anno dal 25 di marzo al 1° di gennajo, ciò che si fece dichiarando che i giorni a partire dal 1° gennajo 1751, (secondo la maniera antica di contare), si dovessero ritenere appartenenti al 1752 e che il 1752 dovesse terminare col 31 dicembre ed il 1753 cominciare col giorno che prima si sarebbe chiamato 1° gennajo 1752. Così, in fatti, i mesi di gennajo e febbrajo e ventiquattro giorni del marzo, vennero trasportati da ciascun anno al successivo.

Si spiega così la maniera particolare di esprimere le date che si trova nei documenti e nelle opere stampate che apparvero all'epoca della riforma e qualche tempo dopo di essa. Si esprimevano di solito le due date, la nuova e l'antica, secondo lo stile riformato ed il non riformato, scrivendo l'antica sopra e la nuova sotto una linea

come il numeratore ed il denominatore d'una frazione. Così, per esempio, la data del giorno, che era il 19 giugno 1753, nel vecchio stile, e che era il 30 giugno 1753, secondo il nuovo, si scriveva così: $\frac{19}{30}$ giugno, 1753. In altri casi era cambiato tanto il mese che il giorno; per esempio, il 30 giugno 1753, vecchio stile, divenne l'11 luglio 1753 e questa data si scriveva:

$$\frac{30 \text{ giugno}}{11 \text{ luglio}} \ 1753$$

In altri casi infine era cambiato tutto: il giorno, il mese e l'anno; per esempio il 23 febbrajo 1753, secondo il vecchio stile, diventava il 6 marzo 1754, secondo il nuovo, e si indicava così:

$$\frac{23 \text{ febbrajo } 1753}{6 \text{ marzo } 1754}$$

CXVII.

Si concepiscono tosto le difficoltà prodotte in principio da un tal cambiamento per la gran maggioranza della popolazione del paese, che in causa della sua poca educazione ed istruzione, non avvertiva le molte ed importanti ragioni su cui si basava la riforma.

Fortunatamente però, la riforma venne attuata e gli inconvenienti a cui diede luogo in principio, scomparvero dopo pochi anni, cosicchè le date inglesi vennero poste in accordo non solo col corso delle stagioni, ma anche con quelle adottate dalle altre nazioni civilizzate.

Dott. R. Ferrini.

L'ALMANACCO

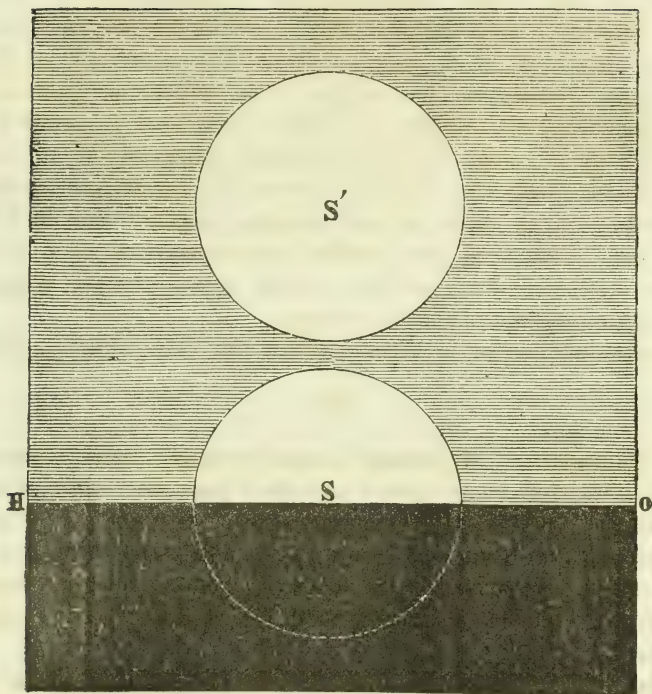



Fig. 1.

Capitolo primo.

I. L'Almanacco. — II. Il Calendario. — III. Materie di un almanacco. — Predizioni. — IV. Abusi del suo carattere profetico. — V. Giorni dei Santi. — VI. Data dell'anno. — VII. Era Cristiana. — VIII. Discordanza fra le maniere di contare degli astronomi e dei cronologi. — IX. Quando cominci e finisca un secolo — X. Principio e durata delle stagioni. — XI. Principio dell'anno. — XII. Feste fisse e mobili. — XIII. Pasqua. — XIV. Non dipende dalle fasi lunari. — XV. Regola per determinarla — XVI. Questa regola in generale è fraintesa. — XVII. Equinozii. — XVIII. Luna ecclesiastica — XIX. Età della luna. — XX. Luna piena. — XXI. Errore nell'espressione della regola. — XXII. Cielo lunare. — XXIII. Conformità delle lunghezze medie del cielo civile e dell'astronomico. — XXIV. La luna fittizia non è

mai molto distante dalla reale. — XXV. Numero d'oro. — XXVI. Epatta. — XXVII. Adoperata a determinare la data della Pasqua. — XXVIII. Valore della distanza fra la luna fittizia e la reale. — XXIX. Limiti delle variazioni della data della Pasqua. — XXX. La più bassa possibile. — XXXI. La più alta possibile. XXXII. Luna pasquale.

I.

Di tutti i libri il più indispensabile è l' Almanacco. Il bisogno che ne abbiamo è così continuo che invece di deporlo nello scaffale come gli altri libri, ce lo teniamo pronto alla mano sul tavolo.

Chiunque s'immagina che un libro d'un utilità così generale sia inteso generalmente; tuttavia si potrebbe benissimo disputare se sopra diecimila di coloro che lo consultano giornalmente ve ne sia uno solo che abbia idee chiare e precise del significato anche di quelle sole parti che sono di uso continuo, mentre è fuori di dubbio che di molte altre parti non possiede alcuna nozione, Ci è dunque sembrato che riescirebbe gradita ai nostri lettori qualche notizia a dilucidare le materie in esso contenute.

Almanacco è una parola araba derivata dal verbo *manah*, contare.

II.

Nell' Almanacco, il Calendario occupa una parte principale a segno che i due vocaboli si adoperano talvolta l' uno per l' altro. Pure il Calendario ha un applicazione più speciale e più limitata. Il primo giorno del mese, presso i Romani, si denominava *le calende* e da ciò venne il Calendario, ed una tavola indicante i giorni successivi di ciascun mese, e le solennità o gli anniversari civili o religiosi che cadono in essi.

Nel trattato sul *Tempo* si è già detto che la parola *mese* ha varii significati. Può esprimere il tempo periodico della luna, cioè il tempo che essa impiega a compiere una rivoluzione intorno alla terra. Indica pure il tempo che scorre tra due novilunii successivi. Allora si chiama *mese lunare* e qualche volta *mese sinodico*. Secondo la legge, quattro settimane formano un mese. L'anno si compone di dodici parti diseguali che si chiamano *Mesi Calendari*. Questi sono quelli che hanno ricevuto i nomi notissimi a chicchessia.

III.

L'almanacco è un libro annuale che si pubblica innanzi il principio dell'anno di cui porta la data e a cui si riferiscono le materie che contiene.

Le materie dell'Almanacco sono quindi, di necessità, delle predizioni.

La predizione degli anniversari fissi, civili, religiosi o naturali, non esige calcolo in quantochè cadono ad ogni anno sempre nei medesimi giorni. La ricorrenza di molti fenomeni celesti, di grande interesse popolare e civile, varia d'anno in anno; ed alcune feste religiose e civili che ne dipendono per convenzione, soggiacciono ad un'eguale variazione, e la produzione dei giorni della loro ricorrenza dipende da calcoli somiglianti.

IV.

Le persone d'ogni classe e d'ogni paese vedendo la precisione con cui sono predetti tanti e così diversi fenomeni, non tardarono a manifestare il desiderio di simili predizioni riguardanti avvenimenti di tutt'altro ordine; ed i fabbricatori d'almanacchi non mancarono (e non mancano nemmeno adesso) di chi si presti a soddisfare quella domanda. Così si trovano negli almanacchi delle predizioni sulle vicende atmosferiche, sull'occorrenza di grandi fatti politici, e a dir breve su qualunque cosa che possa lusingare l'appetito dei credenzoni. Con poco onore di certi corpi pubblici, si deve riconoscere che essi hanno condisceso a trafficare in questa sorta di ciarlatanismo, ed a lucrare sulla pubblica credulità. Se però si può ammettere che l'esempio degli altri attenui la colpa, essi ponno sostenere di aver peccato in buona compagnia, perchè Arago racconta di aver udito da Lagrange il seguente aneddoto:

« L'Accademia di Berlino così celebre per la vastità delle scoperte fisiche e delle ricerche inserite nei suoi atti, da principio traeva la sua rendita principale dalla circolazione del suo almanacco. Questa publicazione ad un'epoca anteriore conteneva una massa di pretese predizioni di fenomeni meteorologici e di avvenimenti politici come quelle che figurano in alcuni dei nostri almanacchi di data più recente.

Vergognandosi di sanzionare la publicazione di siffatte assurdità, l'Accademia, sulla proposizione di uno dei suoi membri primarii, risolse di sopprimerle e di sostituir loro argomenti più ragionevoli e più utili.

« La conseguenza immediata di tale riforma fu la quasi totale cessazione di quella rendita dell'Accademia per la grande diminuzione di smercio dell'Almanacco, cosicchè quel corpo scientifico fu alla lettera ridotto a compiacere al desiderio publico e costretto a

publicare ogni anno una collezione di finte predizioni che fornivano materia di riso a chi le inventava e le compilava ».

Un fatto simile occorse all'almanacco di Moore, di cui diminuì lo smercio dopo che si ommise la colonna che indicava gli effetti prodotti dai segni dello zodiaco sulle membra del corpo umano.

Un altro dei primi almanacchi che doveva la sua immensa diffusione alla stessa causa, era quello che si publicava a Liegi, sotto il nome di Matteo Laensberg, canonico di quella città « Chi specula sulla credulità umana, osserva Arago, parlando di quest' almanacco, può essere sicuro del successo. Invano gli avvenimenti si trovano ad ogni anno in aperta contraddizione colle predizioni. Il concorso publico non vien meno al famoso Almanacco, tanto è vero quel detto di La Fontaine: —

L' homme est de glace aux vérités,
Il est de feu pour le mensonge. »

Arago narra una curiosa coincidenza fortuita che accrebbe una voga prodigiosa all' almanacco di Laensberg. Nell' Almanacco del 1774 si trovava predetto che « una delle dame più favorite avrebbe finito di brillare nel mese di aprile. » Ora avvenne appunto che nel mese di aprile, Luigi XV fu attaccato a Varsailles del vajuolo e la ben nota Madama Dubarry fu espulsa dal palazzo.

V.

Gli anniversari religiosi indicati dal Calendario, consistono per la maggior parte nei giorni che la Chiesa consacra alla commemorazione dei Santi e dei martiri, e variano quindi nei differenti paesi cristiani, secondo la diversa confessione a cui appartengono. Il numero dei personaggi riconosciuti come Santi dalla Chiesa Romana è almeno sestuplo di quello dei giorni dell' anno, e sebbene quelli riconosciuti dalla Chiesa Greca non siano esattamente i medesimi, pure la lista non nè è meno numerosa. Fatta una scelta di questi da ciascuna delle due Chiese, si applicò il nome d' un santo o d' un martire a ciascuno dei trecento sessanta cinque giorni dell' anno; e quando l' anno è bisestile vien applicato il nome d'un santo anche al giorno intercalare. Il giorno intercalare è dedicato a san Damiano dalla Chiesa Romana ed a san Cassiano dalla Greca.

L' applicazione fatta a ciascun giorno dell' anno del nome di un personaggio canonizzato spiega le allusioni famigliari ai *santi del Calendario.*

Negli Stati protestanti e specialmente in Inghilterra l'elenco dei Santi è molto più ristretto, perchè vi si rigettano quelli che furono canonizzati dopo la da loro supposta corruzione della Chiesa. Nei paesi cattolici i nomi registrati nel Calendario hanno un intreccio così intimo colle abitudini e cogli usi nazionali che non è verosimile che una riforma possa cancellarli. Vi è generale la pratica di celebrare non solo l'anniversario di nascita delle persone, ma anche quello del giorno consacrato al Santo di cui le medesime portano il nome. Per questo costume, ogni giorno del calendario diviene come di proprietà particolare di certi individui, e se si togliessero i nomi dei Santi, sarebbe in effetto lo stesso come defraudare ciascuno della sua festa. In certi tempi e presso certe nazioni, siffatta misura potrebbe provocare un insurrezione.

VI.

Cominciando dal primo dato indicato dall' Almanacco, quello da cui prende il titolo e che è segnato sul suo frontispizio, il numero insomma che ne indica l' anno, può bisognare di qualche dilucidazione. Che cosa s' intende, per esempio, per l' anno 1859? Quando comincia? Da qual punto di partenza si numerano le unità che lo compongono? 1859 fino a quando? Le risposte a siffatte domande sono meno ovvie di quello che sembra.

VII.

Durante i primi cinque secoli dopo la nascita del Redentore, i Cristiani, comparativamente pochi di numero e dispersi fra popoli differenti e lontani, nelle loro memorie non adoperavano altro modo di esprimere le date che quello in uso presso le nazioni a cui individualmente appartenevano. Nel 532, dopo Cristo, quando furono cresciuti di numero e d' importanza, Dionigi il piccolo, monaco nativo della Scizia, propose che tutti i Cristiani dovessero adottare l' epoca della nascita del Salvatore come punto di partenza nel computo del tempo e nell'espressione delle date. Perciò tornava necessario che si studiasse la quistione della data di quell'avvenimento. Dionigi intraprese delle ricerche storiche, da cui risultò assegnato al natale di G. C., il giorno 25 dicembre dell' anno 753 dalla fondazione di Roma.

Si potrebbe credere da ciò, che il primo anno cristiano abbia avuto principio in questo giorno, e che il suo anniversario sia poi

stato il primo giorno di ciascun anno successivo. Ma essendosi trovato meno conveniente di cambiare il principio dell'anno, fu risolto d' attenersi a quell' anno romano, fino allora seguíto dalla Chiesa, — cioè, il 1° di gennajo — e che il primo anno dell' Era Cristiana dovesse essere il 754mo dalla fondazione di Roma. Quindi, secondo il modo di contare definitivamente adottato, il *primo* anno, dopo G. C., fu quello che cominciò nell' istante della mezzanotte fra il 31 dicembre 753 ed il 1° gennajo dell' anno 754 di Roma.

L' incertezza che deve necessariamente presentare la data esatta d'un avvenimento così remoto, qual'era la nascita di Cristo, compiutosi in un angolo oscuro d' una lontana colonia Romana, e che sebbene doveva essere accompagnato da conseguenze future di tante importanza, non offriva circostanze per cui dovesse essere ricordato nei publici annali, non influisce punto sulla cronología, giacchè, qualunque sia stato il vero giorno dalla nascita del Signore, quello che lega la cronología cristiana coll' antica è il primo dell' anno 754 di Roma.

Quindi per tradurre un anno qualunque, dopo G C. nel corrispondente anno di Roma, basta aggiungergli il numero 753. Così l'anno 1°, dopo G. C., fu il 754 di Roma, l'anno 20, dopo C., fu il 773 di Roma e così di seguito.

Si osservi che il primo anno dell' Era Volgare non è, come potrebbe credersi, quello della nascita di Cristo, ma il seguente. È l'anno in cui, secondo le ricerche di Dionigi il piccolo, Cristo compiva il suo primo anno.

VIII.

Siccome nella cronología cristiana si conta il tempo successivo a partire dalla nascita di Cristo, prendendosi a primo della serie degli anni *l' anno dopo* quell' avvenimento, l' analogía fa presumere che nel contare retrospettivamente il tempo, *l'anno prima* del medesimo avvenimento siasi ritenuto come capo della serie di regresso. Così, mentre l'anno susseguente alla nascita di Cristo, è il *primo*, d. C., l'anno che precedette la nascita di Cristo avrebbe dovuto essere il *primo*, a. C., in conseguenza di che l'anno stesso in cui nacque il Redentore, sarebbe stato indifferentemente 0, d. C, oppure 0, a. C. Per questa maniera di esprimere le date l' intervallo fra un certo giorno d'un dato anno d. C., ed il giorno corrispondente d' un altro anno dato a. C., si otterrebbe sommando insieme i numeri che esprimono quegli anni. Per esempio, l' intervallo fra il 1° luglio dell'anno 1, d. C., ed il 1° lu-

glio dell'anno 0, a. C., è di un anno, l'intervallo fra il 1° luglio dell'anno 1, d C., ed il 1° luglio del 1°, a. C., è di due anni; l'intervallo tra il 1° luglio dell'anno 15, d. C., ed il 1° luglio dell'anno 14, a. C., è di 29 anni e così via.

E questo infatto è il metodo di esprimere le date usato dagli astronomi. Sgraziatamente, però, non è quello adottato dagli storici e dai cronologi. Secondo loro, l'anno 753 di Roma, in cui si ritiene che sia nato Gesù Cristo, è l'anno primo a. C., per cui tutte le loro date a. C., superano di 1 le corrispondenti date degli astronomi. Così gli storici chiamano anno 501, a. C., quello che gli astronomi chiamano 500, a. C.

Perciò, per trovare l'intervallo fra un dato giorno di un anno d. C., ed il giorno corrispondente di un anno a. C., quando si adoperino le date storiche, bisognerà sommare insieme le due date e sottrarre 1 dalla loro somma.

IX.

Si suole spesso riportarsi a dei fatti storici dicendo che sono occorsi in questo o quel secolo. Ora si può credere che non possa nascere oscurità o confusione nell'uso di questo vocabolo; pure è cosa nota che dopo il 1800 si sollevavano ad ogni tratto delle quistioni nelle società, se tale o tal altro giorno o mese appartenesse piuttosto al secolo decimottavo che al decimonono.

Il primo giorno ed il punto di partenza o zero della scala cronologica cristiana, fu la mezzanotte in cui cominciò il 1° gennajo dell'anno 1° di Cristo. Questo fu anche il momento in cui cominciò il *primo Secolo*, il quale terminò evidentemente quando furono trascorsi 100 anni interi, a datare da quell' istante. Pertanto, terminò il primo secolo e cominciò il secondo a mezzanotte fra il 31 dicembre dell'anno 100 d. C., — ed il 1° gennajo dell'anno 101. d. C. Similmente finì il secondo secolo e principiò il terzo a mezzanotte fra il 31 dicembre del 200 d. C., ed il 1° gennajo del 301 d. C. È perciò evidente che tutto l'anno 100 d. C., appartenne al primo secolo e tutto l'anno 200 d. C., al secondo; dal che segue che nella stessa maniera tutto l'anno 1800 d. C., appartenne al secolo decimottavo. Cioè il secolo decimottavo cominciò col 1° gennajo del 1701. d. C., e terminò col 31 dicembre 1800 d. C., ed entrambi questi giorni ne fecero parte. Istessamente, il primo giorno del secolo decimonono fu il 1° gennajo 1801 d. C., e l'ultimo ne sarà il 31 dicembre 1900 d. C.

X.

Una delle serie di date che si trovano predette nell'almanacco sono quelle che segnano il principio delle stagioni. Il verno termina, e la primavera comincia nel momento dell'equinozio di primavera, la primavera finisce e l'estate principia nel momento del solstizio estivo; l'estate termina e comincia l'autunno nell'istante dell'equinozio autunnale, e l'autunno finisce e principia il verno nel momento del solstizio jemale. Le condizioni che determinano gli equinozi ed i solstizi sono state spiegate nel trattato sul *Tempo*.

In causa d'una certa leggiera variazione nella velocità con cui il sole gira annualmente il firmamento (la causa della quale venne pure esposta nel trattato suddetto) le stagioni sono di lunghezza diseguali. Le loro lunghezze rispettive sono le seguenti: —

	Giorni.	Ore.	Minuti.
Primavera . . .	92.	20.	50.
Estate	93.	14.	7.
Autunno	89.	17.	49.
Inverno.	89.	1.	2.
	365.	5.	48.

Se l'anno civile, cioè quello dell'almanacco, fosse identico all'anno equinoziale, le stagioni comincierebbero rispettivamente sempre negli stessi giorni dell'anno. Ma sebbene a lungo andare l'anno civile non differisca in grado percettibile dall'anno equinoziale, tale coincidenza non è continua ma risulta dalla compensazione prodotta dall'invenzione degli anni bisestili, di cui si trova pienamente spiegata l'origine e lo scopo nel trattato *sul tempo*. Per quello spediente, gli anni civili formano un ciclo quadriennale composto di tre anni di 365 giorni e di uno di 366 giorni. Ora è facile scorgere che in conseguenza di ciò il cominciamento della primavera oscilla alternativamente innanzi e indietro, ritardando nei primi tre anni del ciclo continuamente di 5^o 48^m ed anticipando nell'ultimo anno di 18^o 12^m. Per questa ragione il primo giorno di primavera cade talvolta nel 20 e tal'altra nel 21 di marzo.

Siccome le rispettive lunghezze delle stagioni rimangono le stesse, il cominciamento di ciascuna di loro deve sottostare ad una simile variazione. Il principiare della state oscilla tra il 21 ed il 22 di giugno, quello dell'autunno tra il 22 ed il 23 settembre, e quello d'inverno fra il 21 ed il 22 dicembre.

Per chiarire meglio la cosa, pigliamo ad esempio il ciclo quadriennale che cominciò coll' anno 1853. Il cominciamento della primavera dell' anno 1853 avvenne a 4^{ore}, $40^{m.}$ pomeridiane del 20 marzo. Componendosi l' anno 1853 di soli 365 giorni, laddove l'intervallo tra due equinozi successivi è di $365^{g.}$ $5^{o.}$ 48^{m}, ne seguì che il principio della primavera nel 1854 ebbe luogo $5^{o.}$ $48^{m.}$ più tardi, cioè nel 20 marzo a $10^{o.}$ $28^{m.}$ di sera. Così, poichè anche il 1855 non contava che 365 giorni, il principio della sua primavera ritardò di altre 5^{o} 48^{m} e quindi ebbe luogo a 4^{o} 16^{m} di mattina del 21 marzo. Ma l' anno seguente, 1856, che era bisestile, contava 366 giorni, e l' intervallo di due equinozi consecutivi, cioè 365^{g} 5^{o} 48^{m} ne risultava più corto di 18^{o} 12^{m}; perciò il cominciamento della primavera doveva succedere nel 1856, 18^{o} e 12^{m} più presto che nel 1855, e quindi ebbe luogo a 10^{o} 4^{m} di mattina del 20 marzo.

Così il principio della primavera avanza e retrocede alternativamente; però il ciclo Giuliano di 4 anni, modificato dal ciclo Gregoriano di 400 anni, dà luogo a tale compensazione che per molte migliaja d' anni esso non può avvenire prima del 20 di marzo, nè dopo il 21 marzo, e la variazione del cominciamento delle altre stagioni è ristretta in limiti somiglianti.

XI.

È dunque palese che sebbene l' anno, rispetto alla sua lunghezza, abbia una relazione col giro delle stagioni, manca affatto una tale relazione rispetto al suo principio ed al suo fine. Si sarebbe potuto supporre che, avendo convenuto tutte le nazioni civilizzate, di adottare il corso delle stagioni come la maggiore unità di tempo, avessero pure stabiliti i limiti di successione di queste unità l' una all'altra, facendoli corrispondere coi limiti naturali delle stagioni. Pure è un fatto molto rimarchevole, che sebbene in differenti età e presso differenti nazioni siano state adottate epoche differenti a principio e fine dell'anno, nessuna, per quanto si sappia, venne determinata secondo i limiti naturali delle stagioni.

XII.

Alcune feste religiose, per esempio il Natale, l' Ascensione, ritornano sempre allo stesso giorno dello stesso mese. Altre, quali per esempio la Pasqua, la SS. Trinità, la Pentecoste, il Corpus Domini, ritornano in giorni differenti a ciascun anno successivo e da ciò si chiamano *feste mobili*.

L' assegnare d'anno in anno le date delle feste mobili è uno dei principali uffici religiosi del calendario.

La festa mobile primaria e quella da cui dipendono le date di tutte le altre, è la Pasqua o solennità della Risurrezione.

XIII.

La Risurrezione avvenne nel plenilunio o circa il plenilunio dopo l' equinozio di primavera. Questa era anche l' epoca in cui i Giudei solevano celebrare la loro festa di Pasqua. La celebrazione di quella festa era regolata non appena dal sole, ma anche dalla luna, e siccome il periodo delle fasi lunari non è commensurabile con quello delle stagioni, la Pasqua giudaica era di necessità una festa mobile, in relazione all' anno equinoziale. La festa cristiana si celebra al plenilunio pasquale, perchè la sua origine si collega coll'epoca della Pasqua ebrea. Molti dei primi Cristiani ritenevano che la Pasqua di Risurrezione fosse la Pasqua israelitica conservata come rito cristiano, e la celebravano nel giorno di questa anzichè nella domenica successiva. Il Concilio di Nicea pose un fine a quest' opinione ed a questa pratica; e nella riforma del calendario si presero le opportune misure ad impedire che la solennità cristiana avessea coincidere effettivamente col giorno della Pasqua giudaica.

XIV.

È un grande errore, sebbene comunissimo, quello di supporre che la data della solennità Pasquale abbia una stretta dipendenza dalle fasi periodiche della luna. Siccome la scienza astronomica ha progredito col tempo, e le tavole del moto della luna in ispecie ricevettero un continuo perfezionamento, diventando sempre più esatta la loro concordanza coi fenomeni di mano in mano che la scienza progrediva, ne consegue che se la Pasqua fosse a rigore regolata dalla luna, le autorità ecclesiastiche, da cui emanò sempre il calendario, dovrebbero dipendere dagli astronomi contemporanei, allo scopo di predire d' anno in anno i giorni designati alla celebrazione della Pasqua; giacchè a quel modo che una regola proposta dagli astronomi del secolo XIV sarebbe stata difettosa a fronte della scienza perfezionata di quelli del secolo 15mo così una che fosse stata proposta da questi ultimi sarebbe poi stata trovata erronea dalle cognizioni ancora più precise possedute da quelli del 16mo, 17^{o}, 18^{o} e 19^{o}.

Ora chiunque prende in mano qualunque libro ascetico in cui si parli della maniera di predire i giorni in cui cadrà la festa della Risurrezione negli anni avvenire, vedrà che questa è affatto indipendente dalle possibili scoperte degli astronomi e dai possibili errori incorsi per il passato sui moti della luna.

Che vi sia assegnata la prossimità di coincidenza fra l'epoca della Pasqua e le date astronomiche dell'equinozio di primavera e del plenilunio, questo è verissimo, e così pure si può ammettere che le regole pratiche date per calcolare d'anno in anno il giorno della festa della Risurrezione, abbiano una certa corrispondenza approssimata colle fasi lunari. Ma la determinazione del giorno di Pasqua non dipende necessariamente, nè s'intende che sia definita dagli effettivi fenomeni lunari quali si vedono in cielo.

XV.

Secondo la regola stabilita dalla Chiesa Cattolica Romana, e che viene seguita anche dalla Chiesa d'Inghilterra, il giorno della celebrazione della Pasqua di Risurrezione, è determinato nel modo seguente:

Si trovi il giorno del primo plenilunio che occorre dopo il giorno dell'equinozio di primavera, prendendo quest'ultimo giorno se occorresse nel medesimo il plenilunio. La festa di Pasqua si celebrerà nella domenica prossima.

XVI.

Ora è necessario, per intendere chiaramente il calendario e per togliere i numerosi errori in cui cadono di sovente anche le persone ben istrutte, che si osservi che nessuno dei termini principali adoperati nell'enunciato di quella regola va preso nel suo significato ordinario ed ovvio. L'*equinozio di primavera* non significa il vero equinozio di primavera degli astronomi, la *luna* non significa la luna splendente nel firmamento, nè il *plenilunio* significa la completa fase circolare della luna.

Accade quindi spesso che il giorno designato nel calendario come domenica di Pasqua, differisce di quello in cui cadrebbe quella festa, se i termini della regola fossero adoperati nel loro ordinario significato.

XVII.

Si è mostrato che il principio della primavera, o ciò che è lo stesso, il momento dell'equinozio di primavera, soggiace a variazione rispetto all'anno civile, e cade talvolta nel 20 e tal'altra nel 21 di marzo. Però l'equinozio di primavera del calendario è un equinozio imaginario, che si suppone avvenire sempre nel 21 di marzo. Per cui anche quando l'equinozio, reale cade nel 20 di marzo, l'equinozio fittizio del calendario, relativamente al quale si determina la Pasqua, cade ancora nel 21 di marzo.

XVIII.

Anche il vocabolo *luna* nella regola significa un oggetto fittizio, creato od immaginato espressamente per servire ai bisogni del calendario. Nè l'adottare siffatta finzione, quando serva ad un fine conveniente, è senza giustificazione e senza esempio. Gli stessi astronomi trovarono di facilitare e di semplificare sostanzialmente i calcoli dei fenomeni celesti creando dei soli, delle lune e dei pianeti fittizii a cui attribuirono moti immaginari; così si può sostenere che non sia meno giustificabile di creare una luna fittizia per i bisogni ecclesiastici.

La luna ecclesiastica è un oggetto i cui movimenti sono governati da certi numeri che si chiamono i *numeri d'oro* e le *epatte*. Questi numeri hanno una relazione colle fasi periodiche della vera luna, in virtù della quale il luogo della luna ecclesiastica non può mai differire da quello della vera oltre un certo limite. Così, la luna piena ecclesiastica può differire persino di due giorni dal plenilunio reale, ma non di più.

Il *plenilunio* sia reale, sia fittizio, si presenta a metà dell'intervallo tra due novilunii successivi. Se questo intervallo fosse, per esempio, di 29 giorni e 1/2; il plenilunio avverrebbe 14 volte e 3/4 di volta ventiquattro ore dopo l'istante del novilunio. Ma non è questo il senso in cui si deve intendere la luna *piena* della regola. Per definire esattamente questo senso, ci conviene anzi tutto spiegare come si esprima l'*età* della luna nel linguaggio del calendario.

XIX.

Il giorno in cui la luna è in congiunzione col sole, o, ciò che vale lo stesso, in cui ha luogo il novilunio, a parlare propriamente

è diviso tra la luna vecchia e la luna nuova. Se, per esempio, la congiunzione avviene alle 3 ore pomeridiane, l' intervallo delle 15 ore a partire dalla mezzanotte scorsa appartiene alla luna vecchia e le 9 ore restanti fino all'altra mezzanotte, spettano alla nuova. Nondimeno si usa chiamarlo *primo giorno della luna nuova* e non *ultimo giorno della luna vecchia.* In conseguenza il *secondo giorno della luna* è quello in cui si compiono le prime ventiquattro ore della sua età e cominciano le seconde ventiquattro ore e così via.

A questa maniera di esprimere l' età della luna si può opporre che condurrà a certe conseguenze assurde. Può avvenire, a cagion d' esempio, che il momento del novilunio sia appena un secondo prima di mezzanotte, e in questo caso un *solo secondo* di quel giorno apparterrà alla luna nuova e ciò nonostante quel giorno si chiamerà *primo della luna.*

Malgrado ciò, il primo giorno della luna è quello in cui succede la congiunzione, od in cui comincia la luna nuova, non importando a qual ora del giorno, nè quanto quel cominciamento possa essere vicino al finire del giorno.

XX.

Per giorno del *plenilunio* nella regola, si deve dunque intendere, non già, come parrebbe, quello in cui coincide la metà dell' intervallo da un novilunio all' altro, ma il giorno 14mo dell' età (ecclesiastica) della luna, cioè, dietro quanto s' è detto pocanzi, il giorno in cui la luna termina le sue tredicesime e comincia le sue quattordicesime ventiquattr' ore.

XXI.

Di qui si vede che il giorno del plenilunio, dietro cui si stabilisce la data della Pasqua, non è nè quello della luna piena visibile in cielo, nè quello della luna fittizia immaginata dagli astronomi per definire il posto medio della vera luna, ma non è neppure il giorno in cui sarebbe piena la stessa luna fittizia ecclesiastica. Qual vocabolo plenilunio è insomma al tutto *inesatto*, qualsiasi il senso che si attribuisca alla parola luna, e la regola dovrebbe esprimersi così: —

Si trovi il giorno, non anteriore al 21 *marzo, in cui la luna ecclesiastica tocca il* 14mo *giorno della sua età. La domenica prossima seguente sarà quella di Pasqua.*

Ora, purchè si sappia che cosa è la luna ecclesiastica, la regola (dopo la spiegazione ora data del modo di esprimere l'età della luna) è chiara e precisa.

Si osservi che, secondo l'espressione della regola, se il giorno 14mo fosse una domenica, la Pasqua cadrebbe nella domenica seguente; ma il 21 marzo potrebbe coincidere col 14mo giorno.

Non ci resta, dunque, che a spiegare le condizioni che regolano l'oggetto fittizio che abbiamo finora chiamato *Luna ecclesiastica.*

XXII.

Si rammenti che l'anno astronomico consiste di 365 giorni, 5 ore, 48 minuti e 48 secondi, e che un mese lunare varia di lunghezza dai giorni 19 $^1/_4$ a giorni 29 $^3/_4$, risultandone la lunghezza media esattamente di giorni 29, ore 12, 44 minuti e 3 secondi.

Risulta da questi numeri che 19 anni astronomici si compongono di circa

$$6939^g\ 14^o\ 27^m\ 12^s$$

e che 235 mesi lunari medii si compongono di circa:

$$6939^g\ 16^o\ 31^m\ 45^s$$

Quindi 235 mesi lunari medii eccedono 19 anni astronomici di solo 2 ore, 4 minuti e 33 secondi.

Segue da ciò, che se il corso del tempo si dividesse in una serie di periodi, o *cicli*, di 19 anni astronomici, quelle fasi della luna che si offrono ad un anno qualunque di un ciclo, si produrranno nell'anno corrispondente del ciclo successivo negli stessi giorni, ma 2 ore, 4 minutti e 33 secondi più tardi. Se, dunque, si determineranno le date delle fasi, per esempio quelle dei novilunii, per ogni anno successivo di uno qualunque di quei cicli, sia col mezzo dell'osservazione diretta, sia con quello del calcolo, le loro date negli anni successivi del ciclo seguente saranno negli stessi giorni, ma 2 ore, 4 minuti e 33 secondi più tardi.

Se quindi il tempo si misurasse cogli anni astronomici e se il periodo delle fasi lunari fosse sempre eguale al mese lunare medio, quando si conoscessero i giorni dai novilunii di un qualunque ciclo di 19 anni, questi sarebbero pure i giorni dai novilunii di ogni ciclo futuro e passato.

XXIII.

Ma il tempo non si misura cogli anni astronomici, nè il periodo delle fasi lunari è invariabile, e perciò non si verifica questa riproduzione delle serie delle fasi lunari o dei giorni corrispondenti.

A differenza dell'anno astronomico, l'anno civile non ha sempre la stessa lunghezza. Come si è già spiegato, si compone alle volte di 365 giorni ed in altri 366 giorni. Nè un ciclo di 19 successivi anni civili ha sempre la stessa lunghezza. Questo ciclo conterrà qualche volta cinque, e qualche altra quattro anni bisestili e si comporrà quindi nei primi casi di 6940 giorni e negli altri di 6939. Talvolta dunque esso supererà di circa un quarto di giorno un ciclo di 19 anni astronomici e tal' altra ne serà minore di più che tre quarti di giorno. Prendendo quattro cicli consecutivi di 19 anni civili, tre di loro eccederanno un anno astronomico di poco meno d' un quarto di giorno ed il quarto rimarrà indietro d' un anno astronomico di poco più di tre quarti di giorno. La lunghezza totale dei quattro cicli successivi di 19 anni civili sarà, il più esattamente che sia possibile, eguale a quella di quattro cicli di 19 anni astronomici.

È così evidente che l' anno civile, sebbene di lunghezza variabile, oscilla alternativamente da una parte e dall' altra dell' anno astronomico; e che, similmente il ciclo di 19 anni civili anch' esso variabile di un giorno, oscilla intorno al ciclo di 19 anni astronomici.

L' anno civile ed il ciclo civile e l' anno ed il ciclo astronomico si superano alternativamente l' un l' altro se a lungo andare le lunghezze medie dei primi sono rispettivamente eguali alle lunghezze medie degli altri.

In simil guisa il mese lunare soggiace ad una certa variazione limitata cosicchè le fasi della luna vera sono talvolta in avanti e talaltra in addietro rispetto a quella della luna media.

XXIV.

Immaginiamo ora una luna fittizia che giri il cielo seguendo l'orbita della luna vera, ma con tal moto che le sue fasi periodiche abbiano a succedere in esatta concordanza cogli anni civili e coi cicli di 19 anni civili, appunto come le fasi della luna vera ricorrono nella serie degli anni astronomici e nei cicli di 19 anni astronomici. Or bene, questa luna fittizia è la luna ecclesiastica e sono le sue fasi che si trovano predette nel calendario.

Dall'esposto finora sarà chiaro, che la luna ecclesiastica seguirà, raggiungerà e sorpasserà la luna reale ed alternativamente ne sarà seguita, raggiunta e sorpassata, che le due lune compiranno insieme le loro successive rivoluzioni in cielo, che non anderanno di conserva, che l' una non sorpasserà o resterà addietro dell' altra ol-

tre una certa distanza, limitata dalla grandezza della differenza tra l'anno civile e l'astronomico, e da quella del vero mese lunare dal medio.

XXV.

Nel calendario si suppone dunque distribuito il corso del tempo in una serie di cicli di 19 anni civili, e fu convenuto che ciascuno dei cicli abbia a cominciare con un anno, di cui il primo giorno sia l'ultimo dell'età della luna, o ciò che è lo stesso, sia il giorno in cui l'età della luna successiva sia 0.

Il numero che segna il posto di un anno nel ciclo a cui appartiene si chiama il *Numero d'Oro* di quell'anno. Così, dicendo che il numero d'oro dell'anno 1855 era 13, si intendeva che l'anno 1855 era il 13° del ciclo di cui faceva parte, dal che si poteva conchiudere che il primo anno del ciclo era stato il 1843.

XXVI.

Conosciuta l'età della luna ecclesiastica nel primo giorno del primo anno del ciclo, si può determinarne l'età nel primo giorno di ciascun anno successivo del ciclo. Il numero che esprime l'età della luna nel primo giorno di un dato anno del ciclo, si chiama l'*Epatta* di quell'anno.

Le serie delle *Epatte* corrispondenti ai *Numeri d' Oro* degli anni d'un ciclo è indicata dalla tavola seguente:

Numero d'oro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Epatta	0	11	22	3	14	25	6	17	28	9	20	1	12	23	4	15	26	7	18

XXVII.

Saputa l'età della luna ecclesiastica nel primo giorno d'un dato anno, mediante l'*Epatta*, la quale è data nell'Almanacco non meno che il *Numero d'oro*, si può assegnare l'età della luna per ciascun giorno dello stesso anno, e si può quindi determinare così la data di Pasqua, dietro le condizioni della regola.

XXVIII.

Per mostrare un'applicazione dei Numeri d'oro e delle Epatte e quanto la luna ecclesiastica possa discostarsi dalla reale, prendiamo

ad esempio il caso dell' anno 1855. Essendo 13 il numero d' Oro, l' Epatta, come si vede nella tavola superiore, sarà 12, e quindi al 1° gennajo la luna ecclesiastica era nel suo 12mo giorno. Il suo primo giorno era stato perciò il 21 dicembre. Ora, cercando sulle tavole lunari date negli almanacchi, si troverebbe che l' età della luna vera alla mezzanotte in cui cominciò il 1° gennajo 1855, era di giorni 12 ed ore 2 $^1/_4$, e che quindi la luna vera era stata nuova nella sera del 19 dicembre alle ore 9 e $^3/_4$.

In questo caso dunque emerge una differenza di due giorni tra la luna vera e l' ecclesiastica.

XXIX.

Nel calendario non figura che la luna ecclesiastica, e sono le sue fasi che governano la Pasqua: vediamo ora entro quali limiti siano comprese le variazioni di quella festa e in conseguenza di tutte le altre feste mobili che ne dipendono.

XXX.

Dalla regola, rettamente interpretata, emerge che la Pasqua deve essere la prima domenica dopo il quattordicesimo giorno della luna ecclesiastica che occorre subito dopo il 20 marzo.

La data più bassa della Pasqua compatibile con queste condizioni, sarà quando il 14mo giorno della luna ecclesiastica cadrà nel 21 marzo, e quando inoltre questo 21 marzo sarà un sabato. In questo caso, la domenica dopo, cioè il 22 marzo, sarà quella di Pasqua. La solennità pasquale non può aver luogo ad un epoca anteriore a questa, in conformità alla regola posta dalla Chiesa.

Questo caso si verificò appunto nel 1818. Però, come è facile ad immaginarsi, non si verifica che assai di rado. Così nei tre secoli prima del 1818 non si è dato che tre volte, cioè nel 1598, nel 1693 e nel 1761 e non si darà di nuovo che nel 2285.

XXXI.

Perchè la Pasqua abbia ad essere celebrata nel giorno più tardi, che è conceduto dalla regola, bisogna che il 14mo giorno della luna ecclesiastica abbia luogo il più tardi che sia possibile dopo il 20 marzo e che questo giorno sia in domenica. Perchè abbia luogo il più tardi che sia possibile, bisogna che il 14mo giorno coincida col

20 marzo. Allora il 14mo giorno della luna seguente cadrà nel 18 aprile, il quale essendo per ipotesi una domenica, il giorno di Pasqua si celebrerà nella domenica successiva cioè nel 25 di aprile. La Pasqua non può essere più alta, in conformità alla regola posta dalla Chiesa.

Questo caso ebbe luogo ultimamente nel 1734 ed avverrà ancora nel 1886. Occorse nel 1666 ed occorrerà nel 1943, nel 2038, nel 2190, ecc.

La Pasqua dunque, può cadere in qualunque dei 35 giorni compresi tra il 21 marzo ed il 26 aprile, ma non può essere più bassa del 22 marzo, nè più alta del 25 aprile.

XXXIII.

La luna, dalle cui fasi si determina la Pasqua, si chiama *Luna pasquale* ed importa moltissimo di tenere a mente che non è la luna reale che si vede in cielo, ma quella fittizia od immaginaria che si chiama luna ecclesiastica.

Siccome il 14mo giorno della luna pasquale non può cadere prima del 21 marzo, nè dopo il 18 aprile, ne segue che il primo giorno della luna non può cadere nè prima dell'8 di marzo, nè dopo il 5 di aprile.

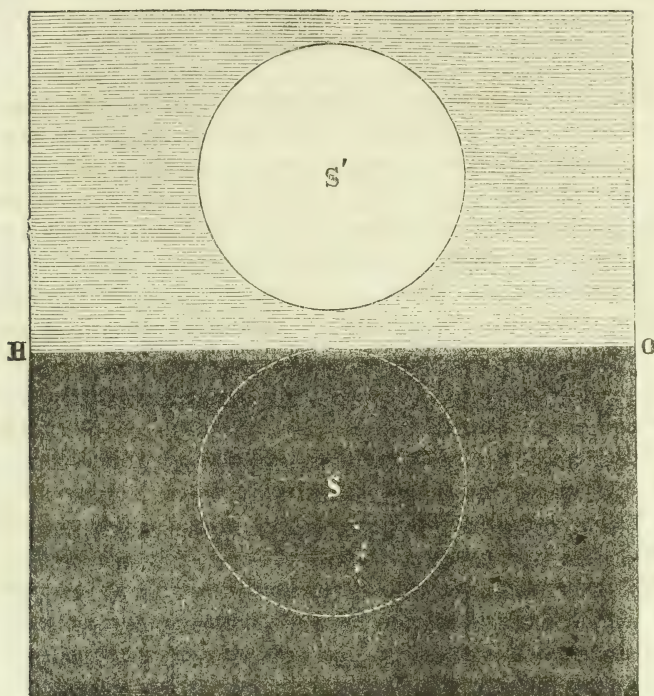



Fig. 2.

Capitolo secondo.

XXXIII. La luna pasquale talvolta dà una Pasqua che non corrisponde alla luna reale. — XXXIV. Occasione di pubbliche controversie. — XXXV. Il Professore De Morgan segnala un errore negli atti del Parlamento. — XXXVI. Altre feste mobili. — XXXVII. Estratto dell'Almanacco di De Morgan. — XXXVIII. La Pentecoste. — XXXIX. Indizione. — XL. Ciclo Solare. — XLI. Trovare l'anno del ciclo solare corrente. — XLII. Lettera Domenicale. — XLIII. Quale influenza vi abbiano gli anni bisestili. — XLIV. Lettera Domenicale dell'anno 1 a. C. — XLV. Trovare la Lettera Domenicale di qualunque anno. — XLVI. Ere. — XLVII. Periodo Giuliano. — XLVIII. Determinazione del suo cominciamento. — XLIX. Suo uso nella cronología. L. Materie contenute nel Calendario. — LI. Aspetto del Cielo — LII. Istante del sorgere e del tramontare dei corpi celesti. — LIII. Deviazione prodotta dall'atmosfera. — LIV. Altri effetti. — LV. Nascere del sole vero ed apparente. — LVI. Il

sole si vede prima che sorga. — LVII Significato convenzionale dei vocaboli *aurora* e *tramonto*. — LVIII. Rifrazione. — LIX. Equinozii. — LX. Il dì e la notte sono di rado di lunghezze eguali. — LXI. Come le loro lunghezze sono modificate dalla rifrazione.

XXXIII.

Dacchè le date delle fasi corrispondenti della luna vera e dell' ecclesiastica non differiscono mai tra loro di più di due giorni ed in generale differiscono anche meno, accade assai di frequente che il 14mo giorno della luna pasquale ed il plenilunio reale occorrono nella stessa settimana, e in tutti questi casi la data della Pasqua risulta la stessa; sia che la si determini dietro una luna o dietro l' altra. Ma può darsi, e qualche volta si dà, che cadano in settimane differenti. Per esempio il plenilunio della luna reale può aver luogo in venerdì o sabato ed il 14mo giorno della luna pasquale può cadere in domenica o lunedì. In questo caso la data di Pasqua determinata dietro la luna ecclesiastica sarà più alta d'una settimana di quello che risulterebbe secondo la luna reale.

Può darsi anche il 14mo giorno della luna pasquale cada in venerdì o sabato ed il plenilunio reale abbia luogo in domenica od in lunedì. Allora la data di Pasqua determinata mediante la luna ecclesiastica risulta più bassa d' una settimana di quella corrispondente alla luna reale.

XXXIV.

Ogni qualvolta accade una simile discordanza tra le date di Pasqua determinate in relazione alla luna ecclesiastica od alla vera, il pubblico accusa gli astronomi di mal dirigere i calcolatori degli almanacchi e questi di essere in opposizione colle tavole lunari degli astronomi. Come, esempio di ciò, si ponno citare l' anno 1778, in cui, secondo la luna vera, la Pasqua avrebbe dovuto cadere nel 1° di aprile, ma fu protratta all'8 dalla luna ecclesiastica ; l' anno 1818 in cui la luna reale l' avrebbe assegnata nel 29 marzo e la luna ecclesiastica la portò indietro fino al 22, e l' anno 1845 in cui la luna ecclesiastica pose la Pasqua nel 23 marzo, mentre, per la luna vera, doveva protrarsi fino al 30.

XXXV.

Fu in quest'ultima circostanza che le quistioni sollevate e le controversie che ebbero luogo, diedero occasione a due rimarchevoli

saggi sul Calendario e sulla sua storia del professare De Morgan, i quali vennero publicati nel *Compagno dell' Almanacco Britannico degli anni* 1845 e 1846. In questi articoli vennero segnalati per la prima volta alcuni errori lampanti commessi dalla legislazione britannica nell' atto del Parlamento (24. Giorgio II., cap. 25. A D. 1751) che all' epoca del cambiamento di Stile, regolò il calendario e stabilì le regole e le loro spiegazioni quali si trovano ancora premesse ai libri di preghiera comune per la Chiesa stabilita. Il professore De Morgan mostrò che la legge commetteva l' errore di assumere la luna reale del cielo come quella dalle cui fasi si dovesse determinare la Pasqua, sebbene gli autori da cui toglievano la regola, rifiutassero espressamente la luna celeste, e mostrassero anche gli inconvenienti di prenderla per determinare la data di Pasqua. Ma lo strafalcione non si limitava a questo. Il professore mostrò eziandio che non solo il Parlamento Britannico, ma gli stessi astronomi, ed anche molti autori che avevano scritto espressamente sul calendario, ignoravano affatto che non era il giorno del plenilunio, neanche della luna ecclesiastica, ma il 14mo giorno dell' età di questa, da cui era determinata la Pasqua, Tuttavia, siccome i termini della regola per determinare la Pasqua, propriamente intesi, erano corretti, sebbene fossero erronee le spiegazioni ed i commentari attuali loro, dalla legge; e siccome l' evidente intenzione dell' Atto era di adottare lo stesso metodo di assegnare la data di Pasqua che era in uso nella Chiesa Cattolica Romana; i calcolatori degli almanacchi non si lasciarono sviare da quelle spiegazioni erronee, ma continuarono a fissare la Pasqua come era fissata nella Chiesa Romana, e come infatti si intendeva di fissarla nella Chiesa d'Inghilterra.

XXXVI.

Intese bene le condizioni che determinano d' anno in anno la data di Pasqua, si sa determinare anche la data delle altre feste mobili, che hanno tutte una relazione stabilita colla Pasqua. Di queste alcune precedono ed altre seguono la Pasqua. Secondo dunque che la Pasqua è alta od è bassa, fa ritardare le ultime od anticipare le prime.

XXXVII.

Non v' è nulla da aggiungere alla seguente breve spiegazione delle feste mobili della Chiesa, e della loro dipendenza dalla Pasqua, che togliamo dall' *Libro degli Almanacchi* il professore De Morgan: —

« Nella nomenclatura inglese (1) la domenica di Pasqua è sempre preceduta immediatamente da *sei* domeniche di Quaresima, e seguíta immediatamente da *cinque* domeniche dopo Pasqua. Di queste le contigue alla Pasqua prima e dopo di essa sono la domenica delle *Palme* e la domenica *bassa* (2); le più lontane prima e dopo di essa sono quella di *quaresima* (prima della quaresima) e quella delle *Rogazioni* (quinta dopo Pasqua). Prima di tutte queste vi sono, in ordine inverso le domeniche di *quinquagesima*, *sessagesima* e *Settuagesima* dopo di esse in ordine diretto vengono la domenica dopo l'*Ascensione* (giovedì festivo, che cade nel giovedì della quinta settimana dopo Pasqua) la domenica di *Pentecoste* e la domenica di *Trinità*. Così lo spostamento della Pasqua trascina con se quelle di *nove* domeniche, prima di essa ed *otto* dopo di essa, tutte di fissa denominazione. Portandoci ancora più indietro ogni domenica prima di quella di Settuagesima e non precedente il giorno fisso dell'Epifania (6 gennajo) si chiama domenica di *Epifania* o dopo l'*Epifania*, queste domeniche non ponno essere nè più di una nè più di sei. Portandoci invece ancora più avanti, tutte le domeniche dopo quella della *Trinità* si denominano dalla loro successione numerica dopo la Trinità, finchè si arriva alla domenica più prossima, prima o dopo del giorno di S. Andrea (30 novembre) la quale è la prima domenica di *Avvento*. Le domeniche dopo la festa della SS. Trinità non sono mai meno di ventidue nè più di ventisette. Di poi fino al giorno del Natale, esclusivo, le domeniche si dicono di *Avvento* e dal giorno di Natale a quello dell'Epifania, esclusivo, si dicono domeniche di Natale oppure prima o seconda domenica dopo Natale. »

XXXVIII.

Il nome di *Domenica Bianca*, con cui gli Inglesi designano la festa di Pentecoste, deriva da una antica costumanza per la quale i candidati del battesimo o della prima communione portavano in quell'occasione abiti bianchi, costume osservato ancora dalle ragazze nei paesi cattolici.

XXXIX.

In tutti gli almanacchi si trova un certo numero avente relazione coll'anno, che si chiama l'*Indizione*.

(1) E così anche da noi.
(2) Presso noi, la domenica in Albis.

L'Indizione è un periodo di quindici anni, che non ha relazione di sorta con osservanze o commemorazioni religiose, nè alcuna corrispondenza coi fenomeni astronomici. È una divisione convenzionale di tempo che fu istituita per la prima volta nell'Impero Romano e nelle sue dipendenze sotto Costantino, e s'ignora l'origine del suo nome. Si è congetturato che Costantino, volendo finirla col metodo pagano di contare il tempo ad Olimpiadi, che erano periodi di quattro anni, e trovando altronde più comoda una divisione più lunga, abbia istituita l'Indizione.

L'Indizione, a differenza dei periodi marcati dal numero d'oro e dall'epatta non ha relazione colla religione, ma fu usata nei tribunali e nell'amministrazione fiscale dell'impero sotto Costantino ed i suoi successori e continuò sotto i Papi.

Il punto di partenza delle Indizioni fu infine stabilito da Gregorio VII nel primo giorno dell'anno 313, per cui calcolando all'indietro risulta che il primo anno dell'Era Cristiana fu il quarto dell'Indizione corrente. Se dunque si vuol sapere l'ordine numerico di qualunque anno dato dopo Cristo nell'Indizione corrente, basterà aggiungervi 3 e dividere la somma per 15; il residuo sarà il numero cercato cioè l'Indizione dell'anno proposto. Così, per trovare l'Indizione del 1855, gli si aggiunge 3 cioè che dà 1858: dividendo ora per 15, il residuo è 13 e questo è l'Indizione.

XL.

Un anno comune di 365 giorni si compone di 52 settimane ed un giorno. Segue da ciò, che uno di questi anni è sempre seguito da un altro che comincierà col giorno successivo nella settimana a quello con cui esso è cominciato. Se si succedessero senza interruzione sette di questi anni, i loro primi giorni sarebbero in ordine i giorni della settimana.

Ma l'anno bisestile comprende 52 settimane, 2 giorni: perciò il capo d'anno successivo sarà il giorno che viene secondo nell'ordine della settimana dopo il suo capo d'anno. Siccome in sette anni consecutivi *deve* esservi un anno bisestile e ve ne *ponno* essere due, ne consegue che i capi d'anno degli anni d'un simile periodo non comprenderanno tutti i giorni della settimana.

Per trovare l'intervallo che deve trascorrere fra due anni tali che ciascun giorno dell'uno o dell'altro cada nello stesso giorno della settimana, è evidente che bisogna trovare un numero d'anni che contenga un numero esatto di settimane. Se non vi fossero gli anni

bisestili, questo numero è chiaro che sarebbe 7, giacchè il giorno che cresce ad ogni anno, ripetendosi sette volte, formerebbe una settimana ed i sette anni si comporrebbero di 7 volte 52 settimane, più una settimana, cioè di 365 settimane esatte. Ma la cosa non va a questo modo per la ricorrenza di un anno di 366 giorni ad ogni quarto anno.

Quattro anni si compongono di 208 settimane e 5 giorni. Bisogna dunque trovare quante volte s'abbia a ripetere questo intervallo perchè risulti un numero intero di settimane o, ciò che torna lo stesso, quante volte s'abbiano a ripetere i 5 giorni per ottenere un numero intero di settimane. Ora è palese che ripetendoli 7 volte, si avranno 5 settimane intiere. Se dunque si ripetono 7 volte quattro anni, si avrà un numero d'anni che si comporrà d'un numero esatto di settimane. Questo numero è vent'otto e contiene 7 volte 208 settimane, più cinque settimane, cioè in tutto 1461 settimane.

Quindi dopo ogni successivo periodo di 28 anni, i successivi giorni dell'anno cadranno ancora negli stessi giorni della settimana.

Questo periodo di 28 anni si denomina *Ciclo Solare.*

XLI.

Ritenendo che il primo anno dell'era Cristiana fosse il decimo del ciclo solare corrente, ne segue, che per trovare il numero ordinale di qualsiasi anno dato nel ciclo solare corrente, basta aggiungere 9 al numero di quell'anno e dividere la somma per 28; il resto, se vi sarà, indicherà il rango dell'anno. Se non vi sarà avanzo, l'anno sarà l'ultimo od il ventesimo ottavo del ciclo corrente. Così, per trovare a mo' d'esempio, l'ordine dell'anno 1855 nel ciclo solare, si aggiunga 9 e si divida per 28 la somma risultante 1864: il residuo 16 mostra che il 1855 è il 16mo anno del ciclo, per cui il primo anno del ciclo corrente fu il 1840.

XLII.

La *Lettera Dominicale* che si trova messa in principio del calendario è un mezzo di determinare i giorni della settimana in cui cadono i successivi giorni di qualunque anno passato o futuro. Questo mezzo è in stretta relazione col ciclo solare ora spiegato.

Esaminando un calendario perpetuo ecclesiastico si vedrà che nella colonna che segue quella dei numeri esprimenti i giorni del mese sono scritte di fianco le prime sette lettere dell'alfabeto A, B, C, D,

E, F, e G, e che sono ripetute continuamente per ciascuna serie di sette giorni sino alla fine dell' anno; tralasciandosi però nel caso d' un anno bisestile il giorno intercalare del 29 febbrajo e la lettera che succede quella dirimpetto al 28 febbrajo, corrispondendo al 1° di marzo come se l' anno fosse un anno comune di 365 giorni.

Ora, se si ritiene che quelle lettere esprimano i sette giorni successivi della settimana in cui cadono i primi sette giorni dell' anno, esse esprimeranno pure i giorni della settimana in cui cadono tutti i successivi giorni dell' anno, quando sia un'anno comune di 365 giorni, come lo riterremo per ora, e la stessa lettera esprimerà in ogni dove per tutto quell' anno lo stesso giorno della settimana. Così se il 1° gennajo cadesse in domenica, la lettera A, che è di fianco al 1° gennajo, trovandosi anche di fianco a ciascun successivo settimo giorno fino alla fine dell' anno, ciascuno di questi giorni sarà una domenica.

Analogamente, la lettera B sarà dirimpetto al 2 di gennajo e siccome questa lettera indica lunedì, e si trova ad ogni successivo settimo giorno dopo di esso fino alla fine dell' anno tutti questi giorni a cui corrisponde la lettera B saranno in lunedì.

È evidente che simili illazioni si possono applicare ai giorni segnati dalle altre lettere, e che seguirebbero delle conseguenze simili supponendo che al 1° di gennajo cadesse in qualche altro giorno.

Dunque, qualunque siasi il giorno dal 1° al 7 di gennajo, inclusivo, che può cadere in domenica, la lettera che si trova rimpetto ad esso, sarà pure dirimpetto a tutte le altre successive domeniche dell' anno; e quindi, sapendo il giorno fra i primi sette, che cade in domenica, la lettera di fianco al medesimo farà conoscere, senz' altro bisogno di calcolo, quali siano tutte le altre domeniche dell' anno.

Perciò questa lettera fu chiamata *Lettera domenicale.*

XLIII.

Se non che abbiamo supposto finora che si tratti d' un anno comune di 365 giorni. Se fosse invece un anno bisestile la cosa andrebbe diversamente. In tal caso la lettera corrispondente al 1° di marzo esprimerà nell'ordine dei giorni della settimana il giorno dopo di quello che esprimeva prima del 29 febbrajo e lo stesso si dirà anche di tutte le altre. Per esempio, se il 22 febbrajo, a cui corrisponde la lettera D fosse in lunedì, tutti gli altri giorni a partire dal 1° gennajo a cui corrisponde la stessa lettera cadrebbero in lunedì, in

conseguenza di che il 28 febbrajo che ha di fianco la lettera C sarà una domenica ed il 29, a cui non corrisponde alcuna lettera sarà in lunedì perciò il primo di marzo a cui sta dicontro ancora la lettera D cadrà in martedì e tutti i giorni da esso fino alla fine dell'anno a cui corrisponderà la stessa lettera cadranno in martedì. Così in un anno bisestile, se D esprime lunedì innanzi al 29 febbrajo, esprimerà martedì da questa giorno in poi ed in generale, ciascuna lettera esprime dopo il 29 febbrajo il giorno della settimana successivo a quello che esprimeva di esso.

Segue da ciò che, in un anno bisestile, la lettera della domenica dopo il 29 febbrajo è quella che prima corrispondeva al sabato, ed è quindi la lettera dell'alfabeto che precedeva la lettera domenicale del principio dell'anno. Se la lettera domenicale prima del 29 febbrajo fosse C, dopo sarebbe B, se prima fosse D, dopo sarebbe C, e così di seguito. Se prima del 29 febbrajo la lettera domenicale fosse A, dopo sarebbe G.

Un anno bisestile ha dunque due lettere domenicali, di cui la prima si applica alla parte innanzi al 29 febbrajo, l'altra alla parte seguente.

XLIV.

Si suppone che la nascita di Cristo sia avvenuta in un sabato, secondo i Giudei, e quindi nel giorno che anche noi chiamiamo sabato. Siccome il 1° gennajo è il settimo giorno dopo il Natale, ne segue che il primo anno cristiano fu in sabato e che perciò la lettera domenicale dell'anno di grazia era B.

XLV.

Dacchè un anno comune si compone di 52 settimane ed un giorne, ne segue che il primo e l'ultimo giorno del medesimo devono cadere in uno stesso giorno della settimana e che i primi sette giorni dell'anno vegnente devono cadere ciascuno nel giorno della settimana successivo a quello in cui erano caduti nell'anno passato. Da ciò si può cavare una regola facile, per trovare, senza bisogno di calcoli, la lettera domenicale di tutti gli anni consecutivi ad uno di cui la si conosca.

Supponiamo che il 1° gennajo d'un certo anno sia in domenica. La lettera domenicale di quell'anno sarà A. Supposto che sia un anno ordinario, anche l'ultimo suo giorno sarà in domenica,

perciò il primo giorno dell' anno seguente sarà lunedì ed il settimo domenica. La lettera domenicale del secondo anno sarà quindi G.

Analogamente si dimostra che la lettera domenicale del terzo anno, ritenuto anch'esso ordinario, sarà F e che, a dir breve, in generale, la lettera domenicale d'un anno che segua ad un anno comune è quella che precede la lettera domenicale di questo.

Lo stesso può dirsi anche d'un anno comune che venga dopo un anno bisestile, soltanto che in questo caso la lettera domenicale del primo sarà quella che precede la lettera domenicale di quella parte dell' anno bisestile che vien dopo il 29 febbrajo.

Queste osservazioni si comprenderanno meglio osservando la tavola seguente delle lettere dominicali degli anni dal 1840 al 1860:

Anno.	Lettera dominicale.	Anno.	Lettera dominicale.	Anno.	Lettera dominicale.
1840	E D	1847	C	1854	A
1841	C	1848	B A	1855	G
1842	B	1849	G	1856	F E
1843	A	1850	F	1857	D
1844	G F	1851	E	1858	C
1845	E	1852	D C	1859	B
1846	D	1853	B	1860	A G

XLVI.

Chiunque sa che le differenti nazioni numerano gli anni e riferiscono i loro avvenimenti storici ad epoche differenti od *Ere*, come vennero chiamati questi punti di partenza. (1)

XLVII.

Si concepisce agevolmente quanta confusione derivi da questa causa. Per paragonare tra loro delle date storiche riferite ad ere differenti, bisogna istituire un' calcolo basato sull' intervallo tra le

(1) Discordano gli Etimologi sull'origine di questa parola. Il latino *æra* si fa derivare da alcuni dal plurale di *æs* bronzo o moneta che nel plurale significa anche calcoli. Altri lo derivano dal Greco: altri dall' Arabo; e secondo altri è semplicemente composta dalle iniziali della espressione latina: *Ab exordio regni Augusti* « dal principio del regno di Augusto. » (*Nota dell' Autore.*)

ere a cui ciascuna delle date è riportata. Si giudica quindi cosa comodissima agli studiosi di Storia in generale, che vi sia un era stabilita a cui riferirsi comunemente, ed a cui si possano ridurre le date riportate ad altre ere e che sia così come un punto di partenza comune del tempo storico e cronologico in quella maniera in cui il capo d'anno lo è del tempo civile applicato ad intervalli più brevi. Si convenne difatti di sceglier a ciò un periodo, derivato dalla combinazione dei tre cicli, il Metoniano, il Solare e l'Indizione, che vennero già spiegati. Per trovare un numero d'anni che sia insieme un multiplo esatto di ciascuno di questi cicli, basta moltiplicare insieme i numeri degli anni di ciascuno di essi. Così moltiplicando 19 per 15, si hanno 285 anni che contengono esattamente 15 cicli di Metone e 19 Indizioni. Moltiplicando questo numero, 285 per 28, risultano 7980 anni, che contengono esattamente 285 cicli solari, o 420 cicli metoniani od anche 532 Indizioni.

Quest' intervallo di 7980 anni fu proposto come periodo storico e cronologico comune dal celebre storico Giuseppe Scaligero, che gli diede il nome di Periodo Giuliano.

XLVIII.

Ma per i bisogni della Storia e della cronologia non bastava di suggerire quel ciclo. Era necessario di scoprirne il suo naturale e proprio punto di partenza o l'era. Supposto che noi ci troviamo ora a qualche punto di questo ciclo corrente, qual è questo punto? — o, ciò che vale il medesimo, quale fu il primo anno del periodo?

Siccome il periodo proposto contiene un numero esatto di cicli di Metone, un numero esatto di Indizioni ed un numero esatto di cicli solari, è manifesto che il suo cominciamento proprio e naturale deve essere stato l'anno che risultava ad una volta il primo di un ciclo Metoniano, il primo d'un ciclo solare ed il primo di un' Indizione. Ora, conoscendosi il primo anno di ciascuno di questi cicli correnti, basta contare all'indietro ciascuna serie di cicli passati finchè si giunga ad un anno che sia stato contemporaneamente il primo di ciascuno di loro. Quell'anno sarà il primo del corrente periodo Giuliano.

Questo è precisamente ciò che fece Scaligero. Prese, per esempio, il primo anno del ciclo metonico corrente di allora, e contando all'indietro di 19 in 19 anni, costruì una tavola dei primi anni di

ciascun ciclo, espressi in relazione all' Era Cristiana. Prese similmente il primo anno dell'Indizione corrente e contando all' indietro di 15 in 15 anni formò una tavola analoga dei primi anni delle Indizioni passate. Poi partendo, del primo anno del ciclo solare corrente, costruì la tavola dei primi anni dei cicli solari trascorsi. In queste tavole cercò e trovò l' anno avanti Cristo che era stato contemporaneamente il primo d' un ciclo Metoriano, il primo d' un Indizione ed il primo d' un ciclo solare. Quest' anno era il 4713 a. C.

Stabilì egli dunque il principio del periodo Giuliano nell' anno 4713. a. C., o, per dire più esattamenre, nel 1° di gennajo di quell' anno, all' istante del mezzogiorno medio di Alessandria, scegliendo questo luogo perchè ivi erano state fatte le osservazioni di Tolomeo, a cui si riferivano le tavole di quel celebre astronomo ed osservatore.

XLIX.

Ideler, nel suo *Handbuch der Mathematischen und Tochnischen Chronologie* parlando di questa convenzione dello Scaligero, dice, che il di lei uso apportò per la prima volta luce ed ordine nell' oscurità e nella confusione in cui erano involte la storia e la cronologia antica.

Poichè, l' anno della nascita di Cristo fu il 4713 del Periodo Giuliano, il posto nel Periodo Giuliano di qualunque anno dell' E Cristiana si avrà aggiungendo 4713 al numero di quell' an . Per esempio l' anno 1855 fu il 1855 4713 = 6568 del Periodo Giuliano corrente.

Per trovare il rango nel periodo Giuliano di qualunque anno prima della venuta di Cristo, basta sottrare il numero di quell' anno, da quello che esprime il rango nel periodo Giuliano dell' anno primo di grazia che è 4714. Così, sapendo che la data dell' invenzione del ciclo Metoniano fu l' anno 432 a. C., la sua data nel periodo Giuliano corrente, risulta:

$$4714 - 432 = 4282$$

L.

Il Calendario, propriamente detto, è disposto in modo differente nei differenti almanachi. Nella maggior parte, se non in tutti, esso indica per ciascun giorno il momento della levata e del tramonto

del sole e della luna; l'ora a cui questa passa al meridiano; l'età della luna e la declinazione del sole. Spiegheremo in breve ciascuna di queste utili indicazioni.

LI.

Le ore in cui i corpi celesti sorgono e tramontano nello stesso giorno variano da un paese ad un altro. Questo deriva sia da ciò che i differenti luoghi sono a differenti distanze dal polo terrestre, — cioè, hanno latitudini differenti — sia perchè trovansi su differenti meridiani terrestri cioè, hanno longitudini differenti — In un caso e nell' altro il cielo, veduto da essi come da differenti stazioni, presenterà un aspetto diverso. Degli oggetti celesti che riuscivano invisibili in un luogo, appariranno in un altro. Si ponno paragonare il cielo ad un panorama e la terra ad una vasta galleria circolare o ad una serie di gallerìe nel suo centro, a cui sia impresso un lento moto rotatorio, per il quale vengano presentate successivamente ad ogni spettatore tutte le parti del gran quadro celeste. È ovvio che le parti di cielo vedute da spettatori, diversamente situati in queste galleríe centrali, saranno differenti. Un oggetto che cominci allora ad essere visibile ad alcuni — cioè, spunti — sarà direttamente in faccia ad altri, — cioè, sul loro meridiano, — e starà per scomparire ad altri, — cioè tramonterà. Gli spettatori posti nelle galleríe superiori, — vale a dire, nelle latitudini boreali, — vedranno al basso degli oggetti, che sembreranno in alto agli spettatori delle gallerie inferiori, o alle latitudini australi, e che gli spettatori delle galleríe di mezzo — fra i tropici — si vedranno dirimpetto.

LII.

Ora è di tutte queste circostanze che bisogna tener conto quando si voglia predire, mediante il calcolo, la porzione del panorama celeste che si offrirà alla vista degli spettatori di un dato luogo ad un epoca data, e quali oggetti, sole, luna e pianeti si troveranno su quel pezzo di panorama. È appunto ciò che fanno gli astronomi quando calcolano la levata, il tramonto ed il passaggio al meridiano di questi oggetti. Senza entrare nei dettagli tecnici a cui si appoggiano quei calcoli, è evidente che data la posizione di un luogo della superficie terrestre, l'aspetto sotto cui si vedranno i cieli da esso, variabile d'ora in ora, si potrà assegnare previamente, e

che si potranno predire con certezza ed esattezza le posizioni in cui vi si vedranno gli oggetti che vi si trovano ad una data ora, minuto e secondo, o invece l'ora, il minuto ed il secondo in cui quelli oggetti avranno una posizione data nell'emisfero visibile.

Questi sono i principii, parlando in generale, dietro cui vennero calcolati i numeri scritti in quelle colonne del calendario di cui abbiamo discorso.

LIII.

Però noi non vediamo immediatamente questo grandioso spettacolo, ma lo vediamo dietro un mezzo che vi produce certi effetti ottici. Non stiamo al fondo di un oceano di un fluido trasparente, profondo circa cinquanta miglia. Questo fluido si chiama l'atmosfera ed è traverso ad esso che noi vediamo il cielo. Questo mezzo, per quanto sia chiaro e diafano, ha sempre un certo effetto di spostare gli oggetti veduti al di là del medesimo. Accade lo stesso che se guardassimo il cielo traverso un grosso pezzo di vetro che all' esterno fosse convesso ed al di dentro, concavo. Le forme degli oggetti celesti ne sono, quindi, più o meno distorte e le loro giaciture rispetto all' orizzonte, più o meno alterate. È vero che per essere l' aria un fluido assai leggiero e tenue, più specialmente poi a grandi elevazioni, la distorsione e lo spostamento sono di pochissime entità ed eccetto in casi particolari, non ponno essere scoperti che dagli astronomi, quando siano provvisti di buoni strumenti che permettano di misurare le piccolissime differenze di direzione e di posizione.

Tuttavia, si danno dei casi in cui questa curiosa influenza dell' atmosfera è palpabile alla vista. Chiunque abbia osservato l' infocato disco del sole o quello della luna piena appena prima del tramonto o subito dopo la levata, quando si vedono dietro una grossa massa d' aria a piccola altezza, sa che non appajono rotondi, come dovrebbero, ma ovali e che il diametro maggiore dell' ovale è quello orizzontale. Ebbene questa è una distorsione di forma prodotta dalla massa d'aria dietro cui si vedono.

LIV.

Altro effetto dei mezzi trasparenti, e dell' aria fra gli altri, è di cambiare la direzione apparente degli oggetti veduti dietro di loro. Chicchessia può verificare da sè questo fatto, guardando ad oggetti

lontani traverso pezzi di vetro a superficie curva od angolare. Non li vedrà mai nelle loro vere direzioni.

L'effetto dell' atmosfera è di far parere gli oggetti ad altezze maggiori di quelle che hanno realmente, o di quelle che sembrerebbero avere se non fosse interposta l'aria. Quest' effetto è maggiore per le piccole che non per le grandi altezze. Quando un oggetto è vicinissimo all' orizzonte, come appunto immediatamente prima del tramonto o dopo la levata, la sua altezza apparente è talvolta maggiore della vera di più di mezzo grado: ora, mezzo grado equivale al diametro apparente del sole o della luna.

Se quindi un oggetto si troverà in tal posizione per cui, senza l' intermezzo dell' atmosfera, apparirebbe esattamente sull' orizzonte, ossia quando sorge o tramonta, l'atmosfera lo farà sembrare alto più d' un mezzo grado sull' orizzonte.

Similmente se un oggetto sarà al di sotto dell'orizzonte d'un mezzo grado, e quindi sia già tramontato o non sia ancora sorto, e per conseguenza debba riescire invisibile, per effetto dell' atmosfera sembrerà sull' orizzonte e sarà quindi visibile.

È perciò evidente che l'atmosfera fa sembrare che tutti gli oggetti spuntino prima e scompajano dopo del momento in cui sarebbero spuntati o scomparsi se non vi fosse l'atmosfera: e di ciò si dovrà quindi tener conto nel calcolare il sorgere ed il tramontare del sole e della luna.

LV.

Qualcuno potrebbe domandare se sia proprio vero, come risulta da quanto si è detto finora, che l'atmosfera ci permetta di vedere il sole innanzi che sorga e dopo che è già tramontato? Non vi è dubbio che la cosa accada così, e che nei momenti indicati dall' almanacco, come quelli della levata o del tramonto del sole, il sole sia realmente sotto e non sopra l'orizzonte. Queste circostanze che, riescono interessanti per sè stesse, ed influiscono pure in modo notevolissimo sui calcoli dell'almanacco, si intenderanno molto meglio riportandosi alle fig. 1. e 2.

L'orizzonte vi è rappresentato dalla retta HO, lo spazio oscuro è quello inferiore, e l'ombreggiato è quello superiore ad esso. L'istante del sorgere o del cader del sole è propriamente quello in cui il centro del disco solare si vede sull'orizzonte HO, quando, cioè l'orizzonte taglia a mezzo il disco del sole, di cui una metà gli rimane disopra ed è quindi visibile, l'altra metà è disotto e perciò invisibile, come si vede in S, fig. 1.

Il momento in cui il centro del sole si vedrebbe in S, fig. 1, se non vi fosse l'atmosfera, si chiama momento della LEVATA VERA o del TRAMONTO VERO e per lungo tempo fu questo il momento indicato dagli almanacchi.

Il momento in cui il centro del sole, veduto come è traverso l'atmosfera, appare in S, fig. 1, si chiama momento della LEVATA APPARENTE o del TRAMONTO APPARENTE, ed è quello attualmente indicato dagli almanacchi.

LVI.

Come si è già detto, l'altezza apparente degli oggetti che sono sull'orizzonte e molto prossimi ad esso, supera la loro altezza vera di più di mezzo grado. Ora siccome il diametro apparente del sole è di mezzo grado, così ne segue che il sole vien elevato dall'effetto ottico dell'aria ad un altezza che supera la sua altezza reale di più del suo diametro apparente.

Se ora prendiamo un punto S', più alto di S, fig. 1, di una quantità eguale a quella di cui l'atmosfera aumenta l'altezza apparente, l'altezza S'S, sarà maggiore del diametro apparente del sole, e quando il centro reale del disco solare sarà in S, sembrerà che esso sia in S', ed invece di vedere il disco del sole in S, dimezzato dall'orizzonte, lo si vedrà realmente in S', non solo distaccato dall'orizzonte, ma coll'orlo inferiore elevato di più d'un quarto di grado sull'orizzonte.

Passiamo ad un altro caso, ancora più strano. La posizione vera del sole, cioè quella dove sarebbe veduto senza l'atmosfera, sia quella segnata S nella fig. 2 cioè quella che ha nel momento prima di cominciare a spuntare o dopo che è completamente tramontato. In questa posizione il disco è tangente l'orizzonte ed il suo centro è depresso sotto l'orizzonte di un quarto di grado. In tal caso qual'è l'effetto dell'atmosfera? — Di far sembrare il centro del sole portato in su di più di mezzo grado e però elevato sopra l'orizzonte di più d'un quarto di grado. Il disco che realmente si trova dunque tutto sotto l'orizzonte, in questo caso si vede tutto sopra di esso, come è indicato in S' nella fig. 2.

LVII.

I vocaboli SORGERE e TRAMONTARE DEL SOLR si usano generalmente, a somiglianza di moltissimi altri, in un significato largo ed incerto.

Si può dire il sole in atto di sorgere dal momento in cui se ne comincia a scorgere il punto più alto, fino a quello in cui il punto più basso arriva a toccare l'orizzonte; cioè, dal momento in cui ha la posizione S, a quello in cui ha la posizione S' della fig. 3. Analogamente si può dirlo in atto di tramontare dal momento che ha la posizione S' finchè è disceso nella posizione S.

Ma per dare un senso determinato ai vocaboli *Sorgere* e *Tramontare del sole*, si convenne di applicarli al momento in cui il centro del suo disco è sull'orizzonte, come appare in S, fig. 1. Perciò il momento convenzionale del nascere o dal cadere del sole è intermedio tra quelli in cui comincia e termina realmente di apparire o di sparire.

Tutte le osservazioni esposte finora sul nascere e sul cadere del sole si ponno ripetere egualmente per il nascere e cadere della luna, il cui diametro apparente eguaglia quello del sole.

L'intervallo tra i momenti in cui il disco del sole o della luna comincia a spuntare, e quello in cui è completamente sorto o tramontato, varia da un luogo all'altro e da una stagione ad un altra, ma di solito è poco più di due minuti.

LVIII.

La proprietà ottica dell'aria, che produce gli effetti sudescritti, si chiama rifrazione della luce, e lo spostamento prodotto nel luogo d'un oggetto si chiama rifrazione del medesimo.

La rifrazione è maggiore o minore, secondo che l'altezza è maggiore o minore, e si annulla interamente quando l'oggetto è allo zenith, cioè quand'è direttamente sul nostro capo.

Per effetto della rifrazione, pertanto, il sole sorge più presto e tramonta più tardi che se non esistesse l'atmosfera. Sono così allungati i giorni di qualunque stagione ed accorciate le notti, rispetto a quello che sarebbero se la terra non fosse avvolta nell'atmosfera; e siccome l'effetto della rifrazione ritarda il tramonto del sole e ne accelera la levata di circa due minuti, esso cresce la lunghezza del giorno ed abbrevia quella della notte di quasi quattro minuti: quest'effetto però varia secondo la latitudine del luogo e secondo la stagione dell'anno.

LIX.

Gli equinozi, secondo che si intendono comunemente, sono quei giorni di marzo e di settembre in cui gli intervalli di lume e di tenebra sono eguali, sorgendo in essi e tramontando il sole a sei ore.

Ma chicchessia, esaminando nell'almanacco le colonne della levata e del tramonto del sole, può convincersi che tali giorni non si danno mai.

Pure, lo stesso nome di equinozio deriva dalla supposizione d'un giorno e d'una notte eguali fra di loro. Come dunque si dovrà intendere l'equinozio? e da che cosa ne è venuto il nome?

Si potrà forse ritenere che sebbene non si dia questo caso d'un giorno e d'una notte assolutamente eguali, gli equinozi siano quei giorni di marzo e di settembre in cui la loro diseguaglianza è minima.

Ma consultando nell'almanacco le colonne del nascere e del cadere del sole, si troverebbe che il giorno in cui gli intervalli di luce e di tenebra sono meno diseguali, precede nel marzo il giorno dell'equinozio e gli cade dopo nel settembre, di uno o due giorni.

Questo è tanto contrario alle nozioni comunemente ricevute, che ci par necessario qualche po'di spiegazione a schiarire la cosa.

Il disco del sole compie il giro del cielo in un anno. La posizione che occupa in cielo è tale da rendere, dal marzo al settembre, i giorni più lunghi delle notti, e dal settembre al Marzo, i primi più corti delle seconde.

Ad un certo istante di uno dei giorni di questi due mesi, il disco del sole ha tal posizione che, se vi rimanesse immobile e non vi fosse l'atmosfera, il levare ed il cadere del sole avverrebbero esattamente alle 6 ore antimeridiane e pomeridiane, e quindi i giorni e le notti sarebbero perfettamente eguali, e di dodici ore tanto gli uni che le altre. Il momento in cui il disco del sole ha questa posizione, è quello dell'equinozio.

LX.

Prima dell'equinozio di marzo, la posizione del sole tende a rendere le notti più lunghe dei giorni, e dopo di esso tende a renderle più corte.

La sua posizione, prima dell'equinozio di settembre, tende a rendere i giorni più lunghi e, dopò di esso, più brevi delle notti.

Se nel giorno dell'equinozio di marzo, l'equinozio accadesse esattamente a mezzodì, il sole tenderebbe nelle dodici ore precedenti a rendere le notti più lunghe, e nelle dodici susseguenti a renderle più brevi del giorno. In questo caso, i due effetti si compenserebbero, e, se mancasse l'atmosfera, il dì e la notte sarebbero eguali. Ma allora l'aurora ed il tramonto non accadrebbero alle sei ore, ma un po' più tardi. Poichè tendendo il sole nelle dodici ore innanzi mezzo-

giorno, a rendere la notte più lunga del giorno, esso non spunterà che dopo le sei ore, e nelle dodici ore susseguenti, tendendo a rendere il giorno più lungo della notte, esso non tramonterà che dopo le sei.

Se l'equinozio di marzo succede nelle ore antimeridiane, siccome nell'intervallo dalla mezzanotte precedente ad esso, il sole tende a rendere la notte più lunga del giorno, e nel più lungo intervallo da esso all'altra mezzanotte, tende a rendere il giorno più lungo della notte prevarrà la seconda tendenza ed il giorno risulterà più lungo della notte.

Se l'equinozio di marzo cade nel pomeriggio, seguiranno, per simile ragione, effetti contrari e la notte risulterà piu lunga del giorno.

Analoghe osservazioni si applicano all'equinozio di settembre, ma con risultati opposti. Se l'equinozio è prima di mezzogiorno, la notte è più lunga del giorno, se è nel pomeriggio il giorno è più lungo della notte.

Non si perda però di vista, che queste conclusioni non reggono che supponendo tolti gli effetti dell'atmosfera.

Si vede dunque, che, trascurando la rifrazione atmosferiea, il giorno e la notte non ponno essere precisamente eguali, se non nel caso raro che l'equinozio abbia luogo nell'istante del mezzogiorno.

LXI.

Esaminiamo ora come questi fenomeni vengano modificati dalla rifrazione, la quale, come si è veduto, cresce la lunghezza del giorno e scema quella della notte; e si osservi che tali effetti sono molto più considerevoli di qualunque di quelli che ponno dipendere dall'essere il momento dell'equinozio piuttosto prima che dopo mezzodì.

Nel giorno dell'equinozio di marzo, siano eguali o diseguali il dì e la notte per quanto dipende dalla posizione del sole, l'effetto della rifrazione renderà il giorno più lungo della notte, giacchè quest'effetto supera di molto qualunque altro che possa essere prodotto da un cambiamento di posizione del sole.

Nei giorni precedenti, la rifrazione ha sempre la stessa tendenza, ma allora è più considerabile l'effetto della posizione del sole nel rendere la notte più lunga del giorno ed è tale da equilibrare o da superare l'effetto della rifrazione, nel primo o nel secondo giorno avanti quello dell'equinozio. In conseguenza di ciò, il giorno in cui gli intervalli di luce e di oscurità saranno o esattamente eguali o meno diseguali, sarà il primo od il secondo avanti quello dell'equinozio.

Si mostra precisamente allo stesso modo, che il giorno di settembre in cui gli intervalli di luce e di tenebre saranno esattamente eguali o meno diseguali, sarà il primo od il secondo dopo quello dell'equinozio.

Queste conclusioni si ponno verificare facilmente consultando le colonne del sorgere e del cader del sole in qualunque almanacco. Pigliamo ad esempio quello del 1854.

L'equinozio di marzo avvenne a 10 ore e 20 minuti della sera del 20. Il giorno in cui gli intervalli di lume e di oscurità furono meno diseguali, fu il 19, in cui il sole spuntò alle sei ore ed 8 minuti, e tramontò alle 6 ore e 9 minuti.

L'equinozio di settembre ebbe luogo alle ore 9 e 13 minuti di mattina del 23. Il giorno e la notte furono esattamente eguali nel 25 in cui il sole nacque alle 5^o 51^m e tramontò alle 5^o $51.^m$

In questo esempio, abbiamo citato l'almanacco calcolato per Londra ma si ponno dedurre simili conseguenze da quelli computati per altri luoghi.

Fig. 3.

Capitolo terzo.

LXII.

Nel corso diurno del sole traverso il firmamento, vi sono tre epoche importanti, il principio, il mezzo ed il fine, cioè lo spuntare, il mezzogiorno ed il tramonto. Avendo parlato distesamente del primo e del terzo, non ci resta che a dare qualche spiegazione sul secondo.

L'ora di mezzogiorno, come la si intende comunemente, è quella in cui un orologio che vada perfettamente, segna le dodici, o il momento in cui il centro del disco solare, passa al meridiano, o quello che divide in due parti eguali l'intervallo tra l'aurora ed il tramonto. Se però si esaminano minutamente queste condizioni, si trovano incompatibili l'una coll'altra, risultando in pratica differente l'epoca espressa da ciascuna di loro.

LXIII.

Si è già fatto vedere nel trattato sul *Tempo* che l'istante in cui il centro del disco solare passa al meridiano, non è quello in cui un orologio, regolato a precisione, segna le dodici. Il primo è il mezzodì apparente, l'altro il mezzodì medio o civile. È a questo secondo che si applica comunemente il nome di mezzogiorno ed a cui lo applicheremo qui esclusivamente.

Poichè dunque l'istante in cui il centro del disco solare passa ogni giorno al meridiano, non è quello di mezzogiorno, nè alcun altro istante determinato ed invariabile prima o dopo di mezzogiorno, è necessario che l'almanacco ne indichi, giorno per giorno, il momento, in quel modo in cui nota il momento del levare e del cadere del sole. Perciò in tutti i buoni almanacchi, è destinata a tal uopo una colonna, posta, come deve essere naturalmente, tra quelle dell'aurora e del tramonto. Questa colonna è diversamente intestata: *equazione del tempo*, o *anticipazione del sole*, o *ritardo del sole,* o *anticipazione del sole sull'orologio,* o *dell'orologio sul sole,* secondo può darsi il caso. Qualunque sia l'indicazione in testa della colonna, i numeri registrati in essa, sono quelli dei minuti e secondi prima o dopo delle dodici ore, (supposto naturalmente che l'orologio cammini a precisione, e segni tempo medio o civile), in cui il centro del disco solare passa al medesimo.

Il passaggio del sole al meridiano, può differire dall'ora di mezzogiorno per più di sedici minuti prima o dopo di essa.

Consultando l'almanacco del 1854 si vedrebbe che, in quest'anno, il passaggio del centro del sole al meridiano ebbe luogo: —

Dal 1.° gennajo al 15 aprile.... dopo mezzodì.
Dal 16 aprile al 14 giugno.... avanti mezzodì.
Dal 15 Giugno al 31 Agosto dopo mezzodì.
Dal 1 Settembre al 25 Dicembre avanti mezzodì.
Dal 25 Dicembre al 31 Dicembre dopo mezzodì.

Il passaggio del centro del sole al meridiano avvenne nel momento di mezzogiorno, nel 15 Aprile, nel 14 Giugno, nel 31 Agosto e nel 25 Dicembre e così avviene ad ogni anno negli stessi giorni, almeno con molta approssimazione.

Il mezzogiorno medio non divide in due parti eguali l' intervallo tra il sorgere od il cadere del sole, mentre l' istante del passaggio del centro del sole al meridiano è quasi esattamente a metà di quell' intervallo. Ora, siccome la differenza tra questo istante ed il mezzogiorno può arrivare a 15 minuti è 18 secondi, ne segue che le due parti in cui il giorno è diviso a mezzodì possono differire in lunghezza di 32 minuti e 36 secondi.

LXIV.

In tutti gli almanacchi v' è una colonna dedicata alla declinazione solare. Bisogna dunque spiegare il valore di questo termine tecnico.

Nei giorni degli equinozi, il sole, al momento del suo passaggio al meridiano, ha una certa elevazione. Tolto l' effetto della rifrazione atmosferica, quest' altezza sottratta da 90 gradi dà per risultato la latitudine esatta del luogo. Gli astronomi hanno calcolato e pubblicato delle tavole che indicano la rifrazione corrispondente a qualunque altezza, cosicchè cercando in queste tavole la rifrazione, e sottraendola dall'altezza osservata del sole, il residuo che si otterrà sarà la sua altezza vera.

Se si osservasse giornalmente a partire dell'equinozio di marzo l'altezza del sole nel momento del suo passaggio al meridiano, si troverebbe che supera quella che aveva nel giorno dell' equinozio di una quantità che cresce continuamente. Questo eccesso, dopo che siasi tenuto conto degli effetti della rifrazione nella maniera già detta, si chiama Declinazione del sole, e si dice che il sole declina o cade dalla posizione che aveva passando al meridiano nell' equinozio: e siccome in questo caso, esso declina da quella posizione verso il polo celeste visibile, cioè, verso il nord, — così si dice che ha una Declinazione Boreale.

Si trova che l' altezza del sole al meridiano cresce continuamente fino al solstizio di giugno; allora eccede l'altezza che aveva all'equinozio di 23 gradi e 28 minuti. Raggiunto questo limite, comincia poi a diminuire e con essa diminuisce naturalmente la declinazione finchè da ultimo, all' epoca dell' equinozio di settembre, si riduce a zero, tornando l'altezza del sole al merdiano a quella che era al tempo dell' equinozio di marzo.

Per tutto questo intervallo, dal marzo al settembre, l'altezza meridiana del sole è maggiore che all'equinozio, quindi per tutto questo tempo la declinazione è boreale.

Ma, continuando la serie delle osservazioni, si troverebbe che dopo l'equinozio di settembre, l'altezza del sole al meridiano diventa minore e diminuisce continuamente di giorno in giorno. Il sole dunque *declina* sempre più a *sud* della sua posizione agli equinozi, per cui la sua DECLINAZIONE allora è AUSTRALE; la sua altezza a mezzodì scema continuamente e con essa va crescendo sempre più la sua declinazione australe fino al solstizio di dicembre in cui è di 23 minuti e 28 secondi, appunto come al solstizio di giugno, tranne che ora questa distanza è a sud dell'altezza che aveva passando al meridiano negli equinozi, mentre quella di giugno era a nord della medesima.

Dopo il solstizio di dicembre, l'altezza meridiana del sole cresce continuamente epperò diminuisce continuamente la declinazione australe fino all'equinozio di marzo, quando si riduce a zero.

Si ponno esaminare tutti questi cambiamenti periodici della declinazione, consultando la colonna dell'almanacco che le è dedicata.

LXV.

Ora vi sono certe circostanze dipendenti da questi cambiamenti che vogliono essere discorse specialmente.

Si sarà osservato, che la declinazione boreale del sole dopo essere cresciuta continuamente dall'equinozio di marzo al solstizio di Giugno, cessa allora di crescere, comincia a diminuire e continua a diminuire fino all'equinozio di settembre. Il sole dunque si allontana continuamente dalla posizione che aveva in marzo ed interseca il meridiano in punti sempre più distanti da quello in cui lo tagliava in marzo, finchè alla fine, al solstizio di giugno, lo incontra ad una distanza di 23 minuti e 28 secondi a quest'ultimo punto. Dopo di ciò, il punto d'intersecazione del sole col meridiano, comincia a ritornare indietro verso quello di marzo e continua a retrocedere finchè all'equinozio di settembre coincide col punto dove lo intersecava in marzo.

Le stesse osservazioni si ponno applicare ai punti in cui incontra il meridiano dal settembre al marzo, tranne che questi punti si portano sempre più a sud fino al solstizio di dicembre, e poi ritornano indietro fino a riassumere la posizione d'origine in marzo.

Per intendere con maggior chiarezza la cosa, si osservi la fig. 4, in cui SN rappresenta l'orizzonte, S il sud, N il nord ed O l'osservatore; SZN esprime il meridiano celeste ed E il punto dove vi passa il sole a mezzodì dei giorni dell' equinozio. Riteniamo che gli

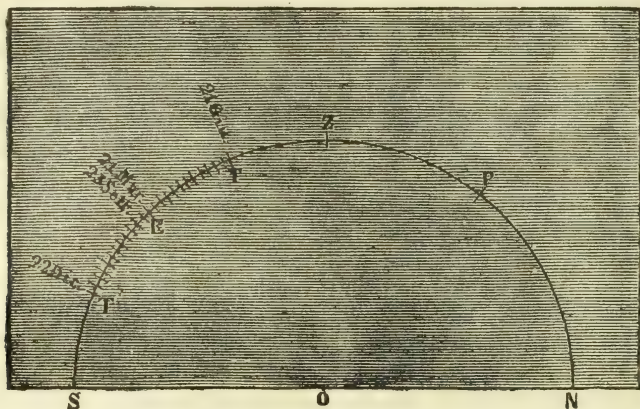



Fig. 4.

equinozi cadano nel 21 marzo e nel 23 settembre ed i solstizi nel 21 giugno e nel 22 dicembre. Dopo il 21 marzo il sole passa al meridiano in punti sempre più alti di E, fino al 21 giugno, in cui vi passa in T. Dopo il 21 giugno, vi passa in punti sempre più vicini ad E, finche al 23 settembre passa ancora in E. Dal 23 settembre in avanti, vi passa in punti di mano in mano più bassi di E fino al 22 dicembre, in cui passa in T''. Dopo il 22 dicembre passa in punti a poco a poco più alti fino al 21 marzo, in cui ripassa in E.

I punti T e T', in cui il sole raggiunge le massime distanze da E, e, donde, dopo essersi scostato da E, comincia a ritornarvi, si chiamano Tropici dalla parola greca τροπη (trope) che significa *ritorno*.

LXVI.

Si è notato che quando il sole arriva nei punti T e T', vi si arresta per alcuni giorni senza che varj in grado sensibile la sua distanza da E, e che in queste circostanze le ore dell' aurora e del tramonto rimangono sensibilmente le stesse. Esaminando, per esempio, l'almanacco si trova che dal 10 al 24 di giugno l'ora del sorgere del sole non varia che di due minuti, e che dal 13 al 21 inclusivi non cambia affatto. Similmente l' ora del tramonto rimane la stessa dal 19 al 22 inclusivo, e non varia di più di due minuti dal 17 al 28 inclusivo.

Le stesse circostanze si incontrano quando il sole passa il meridiano in T', in dicembre.

Per questa posizione stazionaria del sole, e per la conseguente invariabilità di lunghezza dei giorni, le dette epoche si chiamano SOLSTIZI dalla parola latina SOLSTITIUM che significa *Fermata del Sole.*

Il solstizio di giugno dicesi SOLSTIZIO D'ESTATE e quello di dicembre SOLSTIZIO D'INVERNO.

Essi cadono rispettivamente nei giorni in cui il sole tocca la massima e la minima altezza meridiana a cui può giungere nel luogo per cui è calcolato l'almanacco, perchè non può mai salire più insù di T nè discendere sotto T' quando sia sul meridiano.

I giorni dei solstizi sono rispettivamente i più lunghi ed i più corti dell'anno.

LXVII.

Il tre di luglio e l'undici di agosto sono generalmente indicati negli almanacchi come il primo e l'ultimo dei GIORNI CANICOLARI. Essi comprendono un intervallo di 40 giorni che di solito sono la parte più calda dell'estate.

Al tempo degli antichi astronomi d'Egitto e di Grecia, la posizione dei punti equinoziali e dei tropici, che determinano i limiti delle stagioni, era differente da quella che è in adesso, ed era tale, che una splendida stella chiamata SIRIO, della costellazione denominata del CANE MAGGIORE, durante il mese di luglio, spuntava la mattina immediatamente prima del sole, di cui si riteneva essere il precursore, ed il cui potere calorifico si immaginava accresciuto dalla sua influenza. L'idea che questa stella, che si chiamava il CANE CELESTE esercitasse una simile influenza era senza dubbio favorita dal suo straordinario splendore, essendo essa la stella di gran lunga più brillante fra tutte quelle che si vedono nell'emisfero settentrionale. Perciò, i giorni durante i quali la stella, a così dire, introduceva il sole e gli additava la via in cielo, si chiamavano GIORNI CANICOLARI O GIORNI DEL CANE.

Anche il dominare dell'idrofobia in questa stagione può avere qualche relazione colla denominazione dei giorni canicolari od anche col nome della costellazione di cui fa parte la stella in discorso.

LXVIII.

Sarebbe naturale il credere che i giorni in cui il sole si porta a maggiore altezza e resta più a lungo sull'orizzonte debbano essere

i più caldi e che in conseguenza i quaranta giorni più caldi, debbano essere i venti giorni prima ed i venti giorni dopo il solstizio d'estate — cioè dal 2 di giugno al 10 luglio. Invece quest'intervallo è anteriore d'un mese a quello che l'osservazione e l'esperienza dimostrano essere nella media degli anni, la parte più calda della stagione. Come, dunque, si può spiegar questo?

Che l'effetto calorifico del sole sia massimo nel giorno del solstizio, questo è fuori di dubbio; ma è facile di provare che il giorno in cui il sole impartisce maggior calore, non è il giorno più caldo.

Per renderci ragione di ciò, in quanto vi può influire la posizione del sole e la lunghezza dei giorni e delle notti, prendiamo a considerare le circostanze seguenti: —

All'appressarsi della metà dell'estate, il crescere graduato della temperatura atmosferica si spiega così: i giorni essendo notabilmente più lunghi delle notti, la quantità di calore che la terra riceve dal sole durante il giorno, è maggiore di quella che perde durante la notte, e perciò ne risulta alla fine delle ventiquattro ore un aumento di temperatura. Siccome poi si verifica un simile aumento dopo ciascun successivo periodo di giorno e notte, la temperatura generale seguita a crescere. Nel 21 giugno, quando il giorno è il più lungo, la notte la più corta, ed il sole ha la massima altezza, l'incremento della temperatura tocca il suo massimo; ma non cessa perciò di crescere la temperatura atmosferica. Di fatto dopo il 21 di giugno, vi continua ad essere un incremento quotidiano di temperatura, perchè il sole continua ancora a fornire durante il giorno una quantità di calore maggiore di quella che va perduta durante la notte. Pertanto la temperatura atmosferica cesserà di aumentare allora solo che, per la diminuita lunghezza della notte e per la minore altezza del sole al meridiano, il calore ricevuto durante il giorno sarà appunto compensato da quello che si perde nella notte. Allora sì, che non avrà luogo ulteriore incremento di temperatura ed il calore atmosferico sarà giunto al massimo grado.

Potrebbe però sembrare ad un osservatore superficiale, che l'esposto ragionamento meni a conchiudere che continuerà ad alzarsi la temperatura atmosferica, finnhè la lunghezza dei giorni sarà divenuta eguale a quella delle notti; e così infatti andrebbe la cosa, se la perdita di calore per ogni ora della notte eguagliasse l'acquisto di calore fatto ad ogni ora del giorno. Ma non avviene così: la perdita è più rapida del guadagno; in conseguenza di che, il giorno del massimo caldo cade di solito entro il mese di luglio, e sempre molto prima del giorno dell'equinozio d'autunno.

Con un ragionamento analogo si spiega come la temperatura atmosferica più bassa non occorra di solito nel 21 dicembre, quando il giorno è il più breve, la notte la più lunga ed è minima l'altezza del sole al meridiano. L'abbassarsi della temperatura atmosferica dipende da ciò che la perdita di calore nella notte supera la quantità di calore ricevuta di giorno e non si giungerà alla minima temperatura atmosferica se non quando, per la cresciuta lunghezza dei giorni, e per l'accorciamento delle notti, i due effetti si compenseranno.

Queste osservazioni si ritengano applicabili solo per l'influenza che possono avere sulla temperatura atmosferica il sole e la lunghezza dei giorni e delle notti. Vi è una quantità d'altre cause locali e geografiche che si immischiano con questi effetti e che li fanno variare secondo la diversità dei tempi e dei luoghi.

LXIX.

Siccome il sole descrive una mezza circonferenza nel cielo dal 20 marzo al 23 settembre, e l'altra mezza dal 23 settembre al 20 marzo, percorrendo in ciascuna metà dell'anno 180° dell'ecclittica (così chiamasi il corso apparente del sole nel firmamento), si potrebbe inferirne che quei due intervalli debbano essere necessariamente eguali. Ma numerando i giorni contenuti rispettivamente in ciascuno di loro, si trova che ciò non è vero.

Per esempio i numeri di giorni nei due intervalli del 1854 furono i seguenti: —

Dal 20 marzo al 23 settembre			Dal 23 settembre al 20 marzo		
Marzo	giorni	11	Settembre . . .	giorni	7
Aprile	»	30	Ottobre	»	31
Maggio	»	31	Novembre . . .	»	30
Giugno	»	30	Dicembre . . .	»	31
Luglio	»	31	Gennajo	»	31
Agosto	»	31	Febbrajo	»	28
Settembre . . .	»	23	Marzo	»	20
	In tutto	187		In tutto	178.

Si vede dunque che l'uno eccede l'altro di nove giorni.

Ora, dacchè in ciascuno dei due intervalli il sole percorre in cielo uno spazio eguale, cioè 180°, ne segue che la sua velocità media durante il mezzo anno invernale deve essere maggiore di quella che ha durante il mezzo anno estivo nella proporzione di 187 a 178.

Per spiegare questo fatto bisogna riferirsi al moto della terra intorno al sole, che è la causa che produce il moto annuo apparente del sole in cielo.

L'orbita, cioè il cammino seguito dalla terra nel suo corso intorno al sole, non è circolare ma leggiermente ovale. Si può supporla rappresentata da $P_2OP'_2C$, fig. 5, in cui S, luogo del sole, è più vicina ad un'estremità P_2 dell'ovale, che non all'altra P'_2. Se la linea percorsa della terra fosse una circonferenza di cerchio col centro nel sole, la velocità della terra sarebbe uniforme; ma, essendo ovale, varia ad ogni istante la distanza della terra dal sole, e varia dipendentemente da essa la sua velocità, che è maggiore alle distanze più brevi e minore alle distanze più lunghe. Così, ne è massima la celerità in P_2 dove è più vicina al sole e minima in P'_2 dove ne è più remota. La velocità scema continuamente mentre la terra passa da P_2 in P'_2 e cresce continuamente mentre passa da P'_2. a P_2. Se l'ovale fosse dimezzata esattamente dalla retta $P_2SP'_2$, sarebbe eguale il tempo impiegato a percorrerne ciascuna metà, e se avvenisse inoltre che la terra dovesse trovarsi in questi due punti P_2 e P'_2 nei giorni degli equinozi, allora le due metà dell'anno, l'estivo e l'jemale, sarebbero esattamente eguali. Ma non succede così. La terra invece, nel 1854, era nei punti C ed O nel 20 marzo e nel 23 settembre, cosicchè si moveva da C verso O à C, tra il 20 marzo ed il 23 settembre, e da O verso P_2 a C, fra il 23 settembre ed il 20 marzo. Ora non solo questo secondo segmento dell' ovale è più breve del primo, ma il moto della terra, mentre lo percorre, è più rapido. Per ambe le ragioni dunque, il tempo impiegato a passare da O in C è minore di quello impiegato a passare da C in O; e di fatti, troviamo che l' intervallo dal 20 marzo al 23 settembre è più lungo di nove giorni di quello dal 23 settembre al 20 marzo.

Fig. 5.

Si può qui rimarcare in passando come un fatto curioso, che la terra è più vicina al sole nel solstizio d' inverno che in quello d' estate, dal che si potrebbe supporre che la temperatura delle stagioni dovrebbe essere invertita. Ma l' effetto della differenza di distanza è senza paragone più piccolo di quelli dovuti alla maggiore lunghezza dei giorni, ed alla maggiore elevazione del sole, e questi ultimi in conseguenza prevalgono.

LXX.

Il sole facendo in un anno il giro di tutta l' ecclittica e trascorrendo perciò 360°, si muove colla velocità di 30° al mese. S'immagina pertanto divisa l'ecclittica in dodici parti eguali di 30° ciascuna, alle quali si dà il nome di Segni.

Una certa zona del cielo che si stende a circa 9° da una parte e dall'altra dell'ecclittica, si chiama Zodiaco.

Lo zodiaco, come l' ecclittica che lo dimezza, si concepisce diviso in dodici parti eguali, dette Segni dello Zodiaco.

Si è convenuto che il punto di partenza dei segni sia quello dove passa il sole nell' equinozio di marzo, e che il loro ordine segua il corso del sole, cosicchè l'ultimo nell'ordine dei segni sarà quello dove passa il sole negli ultimi trenta giorni prima dell'equinozio di marzo.

LXXI.

Anticamente le successive divisioni dello zodiaco, che furono chiamate segni, erano occupate da certe cospicue costellazioni o gruppi di stelle, ed ogni segno traeva il nome della costellazione di cui era il posto. Vi era e vi è tuttora la consuetudine di dare alle costellazioni dei nomi tolti dagli animali o da personaggi mitologici o storici. Nella prima colonna della tavola seguente sono scritti i nomi latini con cui esse sono generalmente designati, i corrispondenti nomi italiani sono registrati nella seconda colonna, ed i simboli con cui sono indicati negli almanacchi e nei calendari, nella terza. I giorni dell'anno civile in cui il sole entra nei segni successivi variano in causa del variare del giorno dell'equinozio, del che si è già spiegata la ragione. Nella quarta colonna della tavola sono indicati i giorni in cui il sole entra rispettivamente in ciascuno dei segni, quando l' equinozio cade nel 21 di marzo.

Aries.	Ariete.	♈	21 marzo.
Taurus.	Toro.	♉	20 aprile.
Gemini.	Gemelli.	♊	21 maggio.
Cancer.	Cancro.	♋	22 giugno.
Leo.	Leone.	♌	23 luglio.
Virgo.	Vergine	♍	23 agosto.
Libra.	Bilancia	♎	23 settembre.
Scorpio.	Scorpione.	♏	24 ottobre.
Sagittarius.	Arciere.	♐	22 novembre.
Capricornus. . . .	Capricorno. . . .	♑	22 dicembre.
Aquarius.	Acquario.	♒	20 gennajo.
Pisces.	Pesci.	♓	19 febbrajo.

LXXII.

Si vede dunque che nel giorno dell'equinozio di primavera, il sole entra in Ariete, in quello del solstizio d' estate, entra in Cancro; in quello dell' equinozio d' autunno entra nella Bilancia, ed in quello del solstizio d' inverno entra in Capricorno.

Perciò i punti per cui passa il sole nei solstizi vennero denominati rispettivamente Tropico del Cancro e Tropico del Capricorno.

LXXIII.

Nel trattato sul *Tempo* si è mostrato che i punti equinoziali, e perciò anche tutti i segni dello zodiaco, hanno un lento moto di retrogradazione nel firmamento, nella misura di un grado ad ogni 72 anni. Essi devono dunque indietreggiare d'un intero segno o di 30°, in 2160 anni. Ora si sa che all'epoca d' Ipparco, illustre astronomo che fiorì a Rodi e ad Alessandria circa 150 anni prima di G. C., cioè circa 2000 anni fa, il punto dell'equinozio di primavera era nella costellazione dell'Ariete, da cui prese il nome il primo segno dello zodiaco, e che perciò tutte le altre costellazioni zodiacali erano a quell'epoca nei loro rispettivi segni. Ma nell'intervallo di 2000 anni, avendo indietreggiato i punti equinoziali, come s' è detto, di circa 30°, essi si sono ritirati individualmente dalle proprie costellazioni, le quali ora sono quindi avanzate di questo spazio rispetto a loro; cosicchè ora il secondo segno dello zodiaco è occupato dalla costellazione dall'Ariete da cui venne il nome del primo segno; il terzo è occupato dalla costellazione del Toro donde venne il nome del secondo e così di seguito.

Sebbene le dodici divisioni dello zodiaco abbiano abbandonato le rispettive loro costellazioni, ne conservarono però i nomi. È dunque necessariissimo a sapersi che vi è molta differenza tra il segno dell'Ariete e la costellazione dell'Ariete. Il primo significa semplicemente i primi 30° dell' ecclittica o dello zodiaco contati a partire dal posto del sole nel 21 di marzo. L'altra significa un certo gruppo di stelle, fra cui passa al presente il sole nel mese di febbrajo; ed una simile osservazione si applica ai due significati inerenti al Toro ai Gemelli ed alle altre denominazioni zodiacali.

LXXIV.

Il nome Zodiaco viene dal vocabolo greco ϑωδίον (*Zodion*), piccolo animale, perchè di solito su le fantastiche figure delle costellazioni, rappresentano degli animali.

LXXV.

Il circolo celeste chiamato ecclittica, che il sole percorre nel suo corso annuo, giace a mezzo della zona celeste dello zodiaco, ed entro questa zona sono generalmente confinati i pianeti. La maggior parte di questi non si dilungano mai dall'orbita solare nemmeno fino ai limiti estremi dello zodiaco. Vi sono però pochi pianeti minori, denominati planetoidi od asteroidi, scoperti mercè le fatiche dei moderni osservatori, che se ne scostano di parecchi gradi oltre i limiti dello zodiaco e che perciò si chiamano spesso pianeti ultrazodiacali.

L'Ecclittica trae il suo nome dal fatto che le ecclissi, sia di luna, sia di sole, non ponno succedere se non quando la luna sia sull'ecclittica o molto vicina ad essa. La luna però, a somiglianza dei pianeti, non si allontana mai oltre i limiti dello zodiaco, e la sua distanza dall'ecclittica non sorpassa mai cinque gradi, cioè circa dieci volte il suo diametro apparente.

LXXVI.

I movimenti apparenti diurni ed annui del sole nel cielo, non sono i soli fenomeni celesti che si trovano predetti negli almanacchi. Uno dei principali uffici dell'almanacco è di descrivere colla più minuta precisione i movimenti diurni della luna; il sorgere, il passare al meridiano, il tramontare, per tacere delle ecclissi e di altri fenomeni, e questa precisione non manca mai di verificarsi nei fenomeni allorchè si compiono.

Ma oltre le posizioni della luna, i buoni almanacchi indicano anche quelle in cui si presentano i pianeti principali, in modo di renderne facile e volgare l'osservazione. Così, col sussidio d'un almanacco, chiunque sia rettamente istrutto del valore dei termini con cui sono descritte le apparenze ed i movimenti, può facilmente ravvisarli quando gli si presentino.

I migliori almanacchi segnano pure le posizioni in cui si vedono nella notte, ad ogni stagione dell'anno, le costellazioni principali.

LXXVII.

Per trarre profitto dalla massa di interessanti ed utili cognizioni così divulgate, non è per nulla necessario di essere un astronomo

di professione ma bisogna conoscere il significato di alcuni vocaboli astronomici di cui, per buona sorte, è assai facile e semplice la spiegazione.

I cieli sono tempestati di stelle di giorno altrettanto come di notte, ma di giorno lo splendore soverchiante del sole le rende invisibili. Perciò le stelle non si vedono che quando non sia presente questo luminare. Una delle classi di predizioni più importanti registrate negli almanacchi è quella che indica, di tanto in tanto, durante l'anno, la posizione, rispetto al sole, dei più rimarchevoli oggetti celesti.

LXXVIII.

Quando la posizione d'un oggetto è tale, che a mezzogiorno si trovi sul meridiano, si dice che l'oggetto è in CONGIUNZIONE. Esso si trova allora nella stessa regione del cielo dove è il sole e nasce e tramonta o esattamente col sole, o poco prima o poco dopo di questo. Tale oggetto, quindi, non può essere visibile, almeno ad occhio nudo, perchè in qualche caso si può vederlo mediante un telescopio.

LXXIX.

Quando un oggetto ha tal posizione da trovarsi sul meridiano a mezzanotte, si dice che è in OPPOSIZIONE perchè allora è nella regione del cielo direttamente opposta a quella del sole. Esso spunta esattamente al tramonto del sole o poco prima o poco dopo, e tramonta al sorgere del sole o esattamente o poco prima o poco dopo. Questa posizione è dunque la più favorevole all'osservazione dell'oggetto, perchè allora sta sopra l' orizzonte durante la notte e sotto l' orizzonte durante il giorno.

LXXX.

Quando un oggetto è separato dal sole da un quarto d'un'intera circonferenza del cielo, si dice che è in QUADRATURA. Se, in questo caso, esso sarà ad *Oriente* del sole, lo seguirà ed arriverà al meridiano sei ore dopo, cioè alle sei pomeridiane. Se invece sarà ad *Occidente* del sole, lo precederà e passerà al meridiano sei ore prima, cioè alle sei antimeridiane.

LXXXI.

Pertanto un oggetto in quadratura orientale, sorgerà a mezzogiorno o poco prima o poco dopo, e giungerà al meridiano al tramonto del

sole o poco prima o poco dopo. Esso dunque sarà visibile verso l'ovest dal tramonto del sole a mezzanotte, alla quale ora o circa la quale, tramonterà.

Un oggetto in quadratura occidentale, sorgerà similmente a mezzanotte o poco prima o poco dopo, e sarà al meridiano o presso al meridiano allo spuntar del sole. Quest' oggetto si vedrà dunque all' est da mezzanotte all' aurora.

Così, per esempio, quando Venere, il più brillante dei pianeti, è discosto dal sole verso est, lo si vede ad ovest dopo il tramonto, e continua ad essere visibile finchè tramonti. Lo si chiama allora la Stella della Sera. Quando è discosto dal sole verso l' ovest, lo si vede ad est prima dell' aurora e continua ad essere visibile dopo l' aurora fin che si perde nel bagliore del sole. Lo chiamano allora la Stella del Mattino.

Venere, come stella del mattino, era dagli antichi denominata Lucifero (dalle parole latine *ferre lucem*, portare la luce) o foriero del giorno. Come stella della sera la chiamavano Espero.

LXXXII.

I paragrafi precedenti si capiranno meglio osservando la fig. 6. Si supponga che l'osservatore sia in piedi in C, colla faccia volta a sud. Gli oggetti celesti sorgeranno allora alla sinistra, R, e dopo essere ascesi al meridiano, O, declinandone tramonteranno alla sua destra, S. Passeranno poi sotto l'orizzonte intersecando in O′ la metà invisibile del meridiano, e ritornando a R per spuntarvi di nuovo.

Ciò posto, se riteniamo che il sole sia in O, cioè dove si trova a mezzogiorno, un oggetto in opposizione sarà in O′ e riescirà perciò invisibile. All'aurora, mentre il sole è in R, l'oggetto in opposizione sarà in S o vicino ad S e quindi tramonterà; ed al tramontare del sole, l'oggetto in opposizione sarà in R o vicino ad R, e quindi spunterà. Dal tramonto all' aurora, intanto che il sole percorre SOR′; un oggetto in opposizione passerà sopra ROS e sarà in O a mezzanotte, e sarà visibile in cielo per tutta la notte.

Un oggetto in quadratura orientale sarà in R quando il sole è in O, in O quando il sole è in S, in S quando il sole è in O′, ed in O′ quando il sole è in R; cosicchè dal tramonto del sole a mezzanotte, esso riescirà visibile ad Occidente.

Un oggetto in quadratura occidentale sarà in O mentre il sole è in R, in S mentre il sole è in O in O′ mentre il sole è in S ed in R mentre il sole è in O′; cosicchè sarà visibile ad est dalla mezzanotte all' aurora.

LXXXIII.

Si è mostrato in altra occasione (Trattato sulla *Luna.* Capitolo I) che quando la luna è in congiunzione, trovandosi frapposta tra il sole e

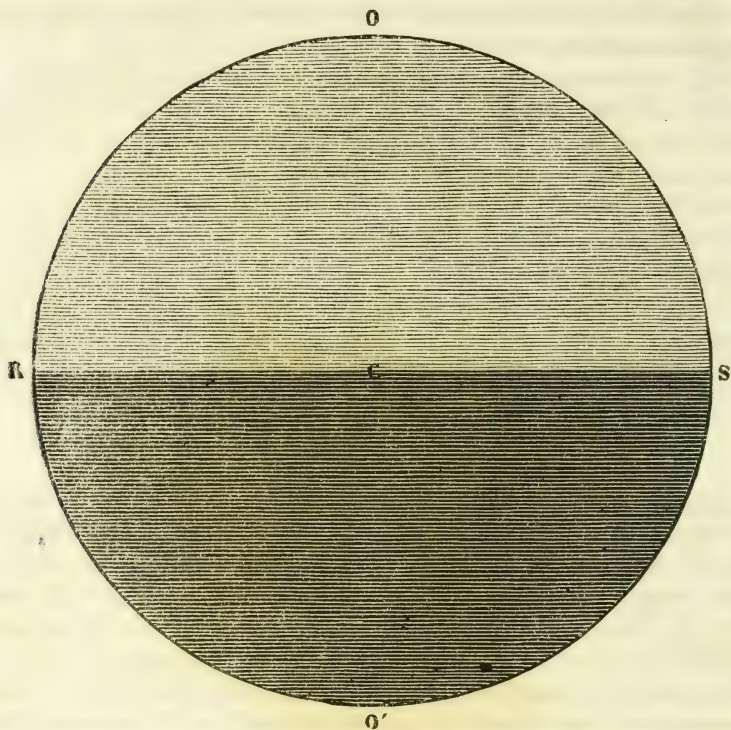



Fig. 6.

la terra, volge al sole la faccia rischiarata, e l'oscura alla terra, cosicchè non si può vedere sebbene sia favorevolmente situata. Ma come or ora si è detto di qualunque oggetto in congiunzione, essa allora sorge e tramonta col sole, ed anche se fosse visibile non potrebbe quindi servire ad illuminare la notte. La luna fa il giro del cielo da Occidente ad Oriente, colla velocità di circa 13° al giorno, laddove il sole si muove nella stessa direzione colla velocità di circa un grado al giorno. Pertanto la luna, dilungandosi dal sole, si avanza ad Oriente di questo nella misura di circa 12° al giorno. Nell'ottavo giorno, o circa una settimana dopo la congiunzione, la luna si troverà così di 90° ad est del sole, e, come si è provato nel

succitato Capitolo I, del Trattato sulla *Luna*, essa allora apparirà dimezzata ed il lato convesso della mezza luna sarà volto ad Occidente verso il sole. Supponendo, come prima, che l'osservatore guardi a sud, esso avrà l'est alla manca e l'ovest alla diritta. Perciò nel caso qui supposto, la luna sembrerà dimezzata, come lo mostra la fig. 7, a 90° ad est od a sinistra del sole cui seguirà col suo moto diurno. L'emisfero bujo della luna indicato dal semicerchio punteg-

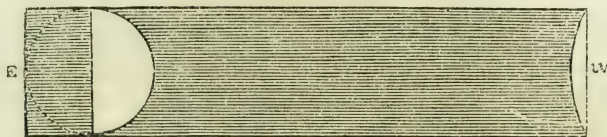



Fig. 7.

giato sarà rivolto ad est. In questo caso dunque, la luna si avanzerà presentando il lato rettilineo del suo mezzo disco.

Questa fase nell'almanacco si denomina Primo Quarto.

Dopo la congiunzione e prima che la luna arrivi a quella fase del primo quarto, essa appare Falcata e volge il lato convesso all'Occidente e verso il sole (fig. 8). La luna crescente o falcata si avanza

Fig. 8.

dalla parte del margine concavo. La parte non rischiarata della luna è indicata nella figura dalla linea punteggiata.

In questa fase la luna non essendo ancora arrivata al primo quarto si trova meno di 90° ad est del sole, e quanto più è lontana da questo tanto più sottile è la falce, quanto più gli è vicina, tanto più il suo crescente si approssima alla mezza luna.

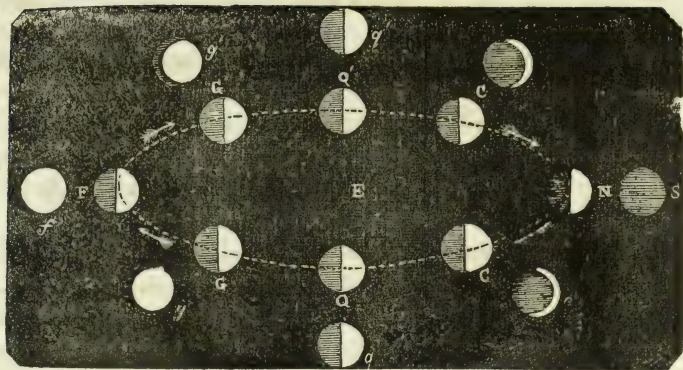
La luna trovandosi così più o meno discosta, ad est, dal sole, o, ciò che vale lo stesso, trovandosi il sole ad Occidente dalla luna, tramonterà prima di questa, e quanto più la luna sarà lontana dal sole tanto maggiore sarà l'intervallo fra il tramonto dell'una e dell'altro. Pertanto, poco dopo la congiunzione, la luna si vedrà nell'emisfero occidentale come una falce sottile e quanto più si scosterà ad est dal sole, tanto più cresceranno la sua elevazione al tramonto, la larghezza del suo crescente, e l'intervallo fra i tramonti del sole e della luna.

Da ultimo, trascorsi sette giorni, e cominciato l'ottavo dall'epoca della congiunzione, la luna, essendosi portata di 90° ad est del sole, e trovandosi in quadratura, come nella fig. 7, arriverà al meridiano verso il tramonto del sole a mezzanotte. Dal tramonto del sole a mezzanotte la si vedrà discendere dal meridiano all'orizzonte occidentale.

LXXXIV.

Fra l'ottavo ed il quindicesimo giorno dall' istante della congiunzione, la luna, avanzando sempre più ad est del sole, si vedrà ad est del meridiano nel momento del cadere del sole, ed avrà allora la forma presentata della fig. 9 che si chiama *forma gibbosa*, di cui è semicircolare il margine rivolto ad Occidente e verso il sole, e

Fig. 9.

l'altro, volto ad Oriente e nella direzione del moto della luna, è una semielisse convessa verso l'est. Tali dunque sono la forma e l'aspetto della luna tra il primo quarto ed il plenilunio e di mano in mano che si avvicina il giorno del plenilunio — che è il quindicesimo, dopo la congiunzione, — il disco gibboso si fa sempre più largo e nel suo contorno va sempre più accostandosi ad un circolo esatto.

Fasi Lunari.

Capitolo quarto.

LXXXV. Plenilunio. — LXXXVI. Ultimo quarto. — LXXXVII. Età della luna. — LXXXVIII. La velocità della luna è variabile. — LXXXIX. Causa di ciò. — XC. *Luna di Maggio, Luna di Marzo* ecc. — XCI. Confusione prodotta da questa maniera di espressioni. — XCII. Epoche cronologiche. — XCIII. Anni del mondo. — XCIV. Era di Nabonassar. — XCV. L'Egira.

LXXXV.

Nel giorno decimoquinto dopo la congiunzione, la luna, essendosi allontanata dal sole nella misura di 12° al giorno, sarà arrivata a 180° da esso, cioè nella parte del cielo direttamente opposta a quella dov' è il sole e sarà piena, come è rappresentata nella fig. 10. Die-

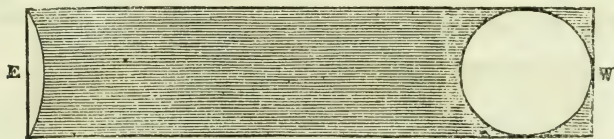



Fig. 10.

tro quanto si è spiegato più indietro, la luna piena, in questa posizione, spunterà verso l'ora del cader del sole, culminerà a mezzanotte e tramonterà all' aurora. È questo un carattere rimarchevole di tale disposizione di cose, che il potere rischiarante della luna sia massimo appunto allora quando essa ci resta presente nella parte visibile del firmamento, per tutta la notte.

LXXXVI.

Dopo essere stata piena, la luna, continuando a muoversi in giro al firmamento nella stessa direzione, comincia a raggiungere il sole e si trova a meno di 180° ad Occidente di esso; ed avanzandosi da ovest ad est va accostandosi al sole in ragione di 12° al giorno, cosicchè nel giorno vigesimosecondo non ne è lontana che di 90° ad ovest.

Dal giorno decimoquinto al ventiduesimo, dopo la congiunzione, la distanza della luna ad Occidente del sole è minore di 180°, ma maggiore di 90°, e, secondo quello che si è spiegato nel già citato articolo sulla *Luna* al Capitolo I, allora è gobba, come la si vede nella fig. 11, e volge al sole cioè ad Oriente il margine semicircolare ed a Ponente l'orlo semiellittico. La luna presenta allora dalla

Fig. 11.

parte verso cui è diretto il suo movimento, il margine illuminato, contrariamente a quanto avveniva prima che fosse piena. La parte oscura è indicata, come addietro, nella figura dalla linea punteggiata.

Essendo ora di più di 90° ad Occidente del sole, la luna deve trovarsi all'aurora ad Occidente del meridiano, e deve avere perciò culminato prima dell'aurora. Perciò in questa posizione, la luna si vede per gran parte della notte ed anche sull'albeggiare. Dopo l'aurora è ancora visibile nella parte occidentale fino al suo tramonto, non essendo sufficiente la luce solare a soverchiarla del tutto.

Fig. 12.

Nel giorno ventiduesimo la luna è di 90° ad ovest dal sole, ed è dimezzata (fig. 12). Questa fase nell'almanacco si denomina Ultimo Quarto. La luna sorge a mezzanotte e culmina circa l'aurora. La si vede dunque da mezzanotte all'aurora nelle regioni orientali del cielo.

Dopo mezzogiorno è ancora visibile debolmente nelle regioni occidentali fino a che tramonta, ciò che avviene verso il mezzogiorno.

Dal giorno ventiduesimo al trentesimo dopo la congiunzione, la luna s' avvicina continuamente al sole, e prende la forma falcata,

Fig. 13.

volgendo, come indica la fig. 13, il lato concavo a ponente ed il lato convesso verso il sole, ed avanzandosi ancora dalla parte del lato convesso della falce. La falce diviene sempre più sottile di mano in mano che la luna s'accosta al sole.

Durante il progresso di questa fase, la luna trovandosi ad Occidente del sole, spunta qualche volta prima di esso, e si può vederla

Fig. 14.

al primo albeggiare, finchè si accosta tanto al sole e la falce diviene così stretta, che svanisce ecclissata dal suo splendore. Allora presenta alla terra l' emisfero bujo, e la luna riesce invisibile (fig. 14).

LXXXVII.

Nell' almanacco v' è di consueto una colonna intitolata *Età della luna.* Si avverta che il senso in cui è adoperata quest'espressione non si deve confondere con quello che si applica alla luna ecclesiastica, nella regola per determinare la data della Pasqua. Qui non si tratta d'una luna fittizia, ma della vera; e l' età in discorso è l' intervallo trascorso dal momento dell' ultima congiunzione, a quello a cui si accenna che corrisponde quell' età. Quest' intervallo è dato di solito per ciascun successivo mezzogiorno, ed è espresso in giorni e decimi di giorno, e con precisione ancora maggiore per le fasi principali, cioè per la congiunzione, per le quadrature e per l'opposizione, — o come si suol dire altrimenti e più generalmente — per il novilunio, per il primo quarto, per il plenilunio e per l' ultimo quarto.

Così, se troviamo, per esempio, che l'età della luna attribuita a qualsiasi giorno individuato, sia 0,6, si deve intendere che al mezzodì medio o civile del medesimo, il tempo che sarà trascorso dall'istante della congiunzione è sei decimi di giorno, ossia 14 ore e 24 minuti. Parimenti, se l'età indicata fosse 17,2, significherebbe che a mezzodì del giorno proposto, sarebbero trascorsi 17 giorni e due decimi di giorno, ossia 17 giorni, 4 ore e 46 minuti, del momento del novilunio.

LXXXVIII.

Paragonando tra loro le date delle successive fasi della luna indicate nell'almanacco per ciascun mese lunare, e confrontando tra loro le date dei successivi novilunii, si trova che il moto della luna durante ciascun mese lunare soggiace ad una notabile variazione, e che è variabilissima anche la stessa lunghezza del mese lunare.

Per renderlo evidente, ci basterà togliere da un almanacco le date delle fasi durante un mese lunare e le date dei novilunii nel corso d' un anno, e paragonarle fra di loro.

Prendendo, per esempio, l'almanacco del 1855, si trova che le date delle successive fasi della luna, stata nuova nel 16 febbrajo, furono le seguenti:

			Ore	Min.	Sec.	
Novilunio	febbrajo	16, ad	3.	47.	30.	p. m.
Primo Quarto. . . .	»	23, »	5.	33.	41.	»
Plenilunio	marzo	3, »	10.	8.	0.	»
Ultimo Quarto . . .	»	11, »	1.	59.	18.	»
Novilunio	»	18, »	4.	45.	12.	a. m.

Dal che segue che gl' intervalli tra le fasi successive, furono:

	Gior.	Ore	Min.	Sec.
Dalla luna nuova al primo quarto . . .	6.	22.	46.	12.
Dal primo quarto alla luna piena . . .	8.	4.	34.	18.
Dalla luna piena all' ultimo quarto . . .	7.	15.	51.	18.
Dall'ultimo quarto alla luna nuova . . .	6.	14.	45.	54.
	29.	9.	57.	42.

Risulta così che ben lungi dall'essere uniforme, il movimento apparente della luna, relativamente a quello del sole, nel periodo di un mese lunare, esso soggiace ad una variazione così grande che, laddove il primo quarto si fa in poco più di 6 giorni 22 ore e $^3/_4$, il secondo non si compie che in 8 giorni e 4 ore e $^1/_2$.

Confrontando tra loro le lunghezze dei successivi mesi lunari si incontra una simile variazione. Le seguenti sono le date dei dodici

mesi lunari successivi del 1855, e le loro lunghezze rispettive sono registrate nella seconda colonna.

1855.

		Novilunio.				*Intervallo.*			
		Ore	Min.	Sec.		Gior.	Ore	Min.	Sec.
Gennajo	18	8.	37.	24.	a. m.	. . .	. . .	. . .	. . .
Febbrajo	6	6.	47.	30.	p. m	29.	10.	10.	6.
Marzo	18	4.	45.	12.	a. m.	29.	9.	57.	42.
Aprile	16	3.	4.	30	p. m.	29.	10.	19.	18.
Maggio	16	2.	13.	18.	a. m.	29.	11.	8.	48.
Giugno	14	2.	28.	54.	p. m.	29.	12.	15.	36.
Luglio	14	4.	1.	0.	a. m.	29.	13.	32.	6.
Agosto	12	6.	52.	24.	p. m.	29.	14.	51.	24.
Settembre	11	10.	51.	42.	a. m.	29.	15.	59.	18.
Ottobre	11	3.	23.	42.	a. m.	29.	16.	32.	0.
Novembre	9	7.	31.	0	p. m.	29.	16.	7.	18.
Dicembre	9	10.	17.	48.	a. m.	29.	14.	46.	48.

Di qui si vede che quegli undici mesi lunari variarono di lunghezza da $29^g\ 9^o\ 57^m\ 42^s$ a $29^g\ 16^o\ 32^m\ 0^s$ e continuando più oltre il confronto s' incontrerebbero variazioni ancora più forti.

LXXXIX.

La causa di questa grande ed, in apparenza, irregolare variazione del moto della luna sono numerose e complicatissime, come si può immaginare quando si sappia che, per desumere la vera posizione della luna in cielo ad un dato istante, da quella che risulterebbe dal suo moto medio, bisogna applicarvi da trenta a quaranta correzioni, ciascuna delle quali rappresenta l'effetto di qualche forza perturbatrice, di cui però le principali si riscontrano nell'azione variabile del sole sulla luna.

XC.

Risulta dalla tavola precedente che il giorno della luna nuova può cadere indifferentemente in qualsivoglia dei giorni del mese del calendario. Nel comune linguaggio del popolo, e specialmente in occasioni in cui si attribuiscono (sebbene erroneamente) certe influenze alla luna, si associa questo luminare al mese per modo che si sente discorrere di questo o di quell' effetto della *luna di maggio* o della

luna di marzo e così via. Ora, siccome nè il cominciare nè il finire dell' età della luna, nè la sua lunghezza, hanno una corrispondenza necessaria col principio, col fine o colla lunghezza del mese, si può domandare da qual condizione la *luna di maggio* sia connessa al maggio, quella *di marzo* al marzo.

Si potrebbe credere che la luna pigli il suo nome dal mese in cui passa la maggior parte della sua età. Pure, in realtà, non avviene così. Secondo il costume più generalmente seguito, la luna riceve il nome dal mese, in cui termina la sua età. Così la luna di maggio è quella che termina in maggio, la luna di marzo quella che termina in marzo ecc. Tutti gli autori che scrissero sulla cronologia o sul calendario convengono in ciò, e fra loro si può citare l'autore della notissima opera che ha per titolo: *L'art de vérifier les dates.*

XCI.

Tuttavia, si doveva ammettere che una simile definizione importa delle conseguenze che sembrano assurde ed incompatibili. Supponiamo, per esempio, che il novilunio abbia luogo un momento dopo della mezzanotte a cui comincia il 1 di maggio. Dietro la definizione, la luna che ha cominciato la sua età nel 2 di aprile e la finisce al principiare del 1 di maggio, non si deve chiamare *luna di aprile,* ma *luna di maggio.*

Senonchè in questo caso ne verrebbe un'altra conseguenza a mostrare in modo sorprendente la confusione che alle volte deriva da questa maniera d' esprimersi. Nel caso ora supposto, la luna che fu nuova subito dopo la mezzanotte con cui comincia il 1 di maggio, deve terminare prima della fine di maggio, e perciò, secondo la definizione, deve chiamarsi ancor essa *luna di maggio.* Insomma, in questo caso, vi sarebbero due lune di maggio, una di cui tutta l'età, tranne pochi secondi, è passata in aprile, l'altra che ha cominciato e finito in maggio l'età sua.

È facile vedere che siccome il mese di febbrajo di un comune anno civile ordinario non conta che 28 giorni, mentre la lunghezza d'un mese lunare è sempre di più di 29 giorni, può darsi che non vi sia la luna di febbrajo. Questo avverrà di fatti, se il novilunio cadrà nel pomeriggio del 31 gennajo.

Altrettanti inconvenienti e confusione, seguirebbero per altro, se la luna prendesse il nome del mese in cui è nuova.

Indipendentemente da altre cause di confusione che derivano da questo costume di identificare la luna col mese in cui termina, si

dà il caso che la *stessa luna* può in un luogo avere il nome da un mese ed in un altro luogo dal mese precedente o successivo. Prendiamo, per esempio, il caso di due luoghi aventi una differenza di longitudine di 10 minuti, per cui le ore di un luogo ritarderanno di 10 minuti su quelle dell'altro. Supponiamo ora, che in quest'ultimo luogo, il novilunio avvenga cinque minuti prima della mezzanotte, a cui termina l'ultimo giorno del mese; esso avverrà cinque minuti dopo la mezzanotte che termina il mese, nell'altro. Siccome la luna in discorso termina la sua età, in un luogo cinque minuti prima della fine del mese e nell'altro cinque minuti dopo, che è cominciato il mese vegnente, nel primo luogo prenderà il nome del primo mese e nel secondo dall'altro. Così una *luna di maggio* per Parigi, può essere *luna d'aprile* per Londra.

XCII.

Chiuderemo questa breve spiegazione delle principali materie contenute nell'almanacco con qualche notizia sulle differenti epoche od ere che furono adottate in tempi differenti presso differenti nazioni, come zero o punto di partenza della loro cronologia.

XCIII.

È evidente, che quando si adotti come era, qualche grande avvenimento politico o religioso, è necessario, generalmente parlando, che il tempo si conti posteriormente ed anteriormente ad esso, posteriormente per i fatti successivi, anteriormente per i già compiuti. Una sola era presenta un'eccezione a ciò, ed è quella dalla creazione del mondo, secondo la quale la data d'un avvenimento si indica coll'ANNO DEL MONDO. Molte ricerche profonde vennero eseguite in conseguenza, per determinare la data di questo gran principio dell' umana cronologia.

Sventuratamente però, le sole autorità che ponno gettar lume sulla quistione, sono involte in molta oscurità e menano a risultati discordi. Il testo Ebreo, il Samaritano e quello dei Settanta sono apparentemente discordi in tale argomento.

I risultati delle ricerche dei differenti cronologi sull' età del mondo, sono i seguenti:

Secondo Giulio Africano questa data è di . . .	5500	Anni	A. C.
Secondo il monaco Panodoro è di	5493	»	»
Secondo le ricerche dei Greci è di . . . . ,	5509	»	»
Secondo Scaligero, dietro il paragone dei varj testi .	3950	»	»
Secondo il padre Pezron . . . . » » .	5873	»	»
Secondo il calcolo Giudaico . . . » » .	3761	»	»
Secondo l'Arcivescovo Usher . . . » » .	4004	»	»

I valori che le sono attribuiti dagli storici Giudei, presentano, però, molta discordanza. Giuseppe le dà quello di 4163 anni a. C., altri quello di 6524 a. C.

Il valore più generalmenre adottato dai cronologi è quello dell'Arcivescovo Usher.

L' era del periodo Giuliano è stata spiegata più indietro.

XCIV.

Un' era, detta di Nabonassar ha acquistata una certa celebrità per la circostanza che venne adottata come punto di partenza nei calcoli di parecchi astronomi antichi, e più specialmente di Tolomeo.

La data di quest' era è 747 a. C.

Non emerge la circostanza che ha determinata la scelta di quest' epoca, non essendovi memoria d'alcun avvenimento sociale, politico o militare, con cui abbia relazione. Fu detto che è la data della fondazione del regno di Babilonia, sulle rovine dell' Impero Assiro, dopo lo morte di Sardanapalo. Si disse anche che Nabonassar fu il capo d'una nuova dinastia e che egli introdusse in Caldea l'anno Egizio; ma nessuna di tali asserzioni fu convalidata da prove soddisfacenti.

XCV.

L'Egira è l'era dei Maomettani. Questa parola significa Fuga e si riferisce alla fuga di Maometto dalla Mecca, quando si rifugiò a Medina immediatamente dopo cominciata la sua conquista. La data dell' Egira è 622 d. C. Ma l'anno maomettano non corrisponde al cristiano, essendo determinato dai mesi lunari e non dalle stagioni. Così l'anno 1237 dall'Egira cominciò il 6 novembre 1850 e finì col 25 ottobre 1851, risultando d'una lunghezza minore di undici giorni di quella dell'anno cristiano. L'anno civile di 365 giorni eccede di 11 giorni, un anno composto di dodici mesi lunari da 29 giorni e mezzo.

Dott. R. Ferrini.

INDICE